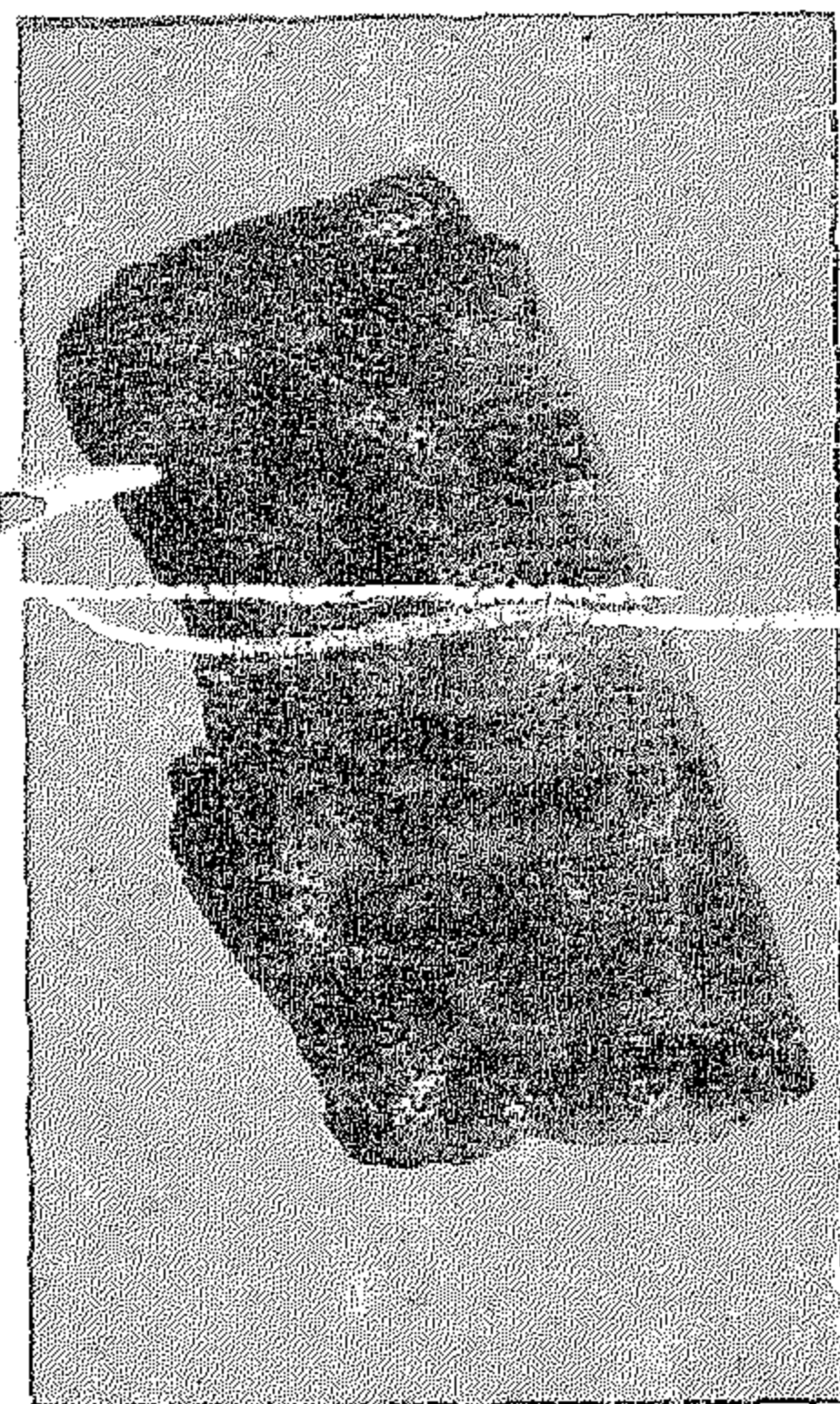


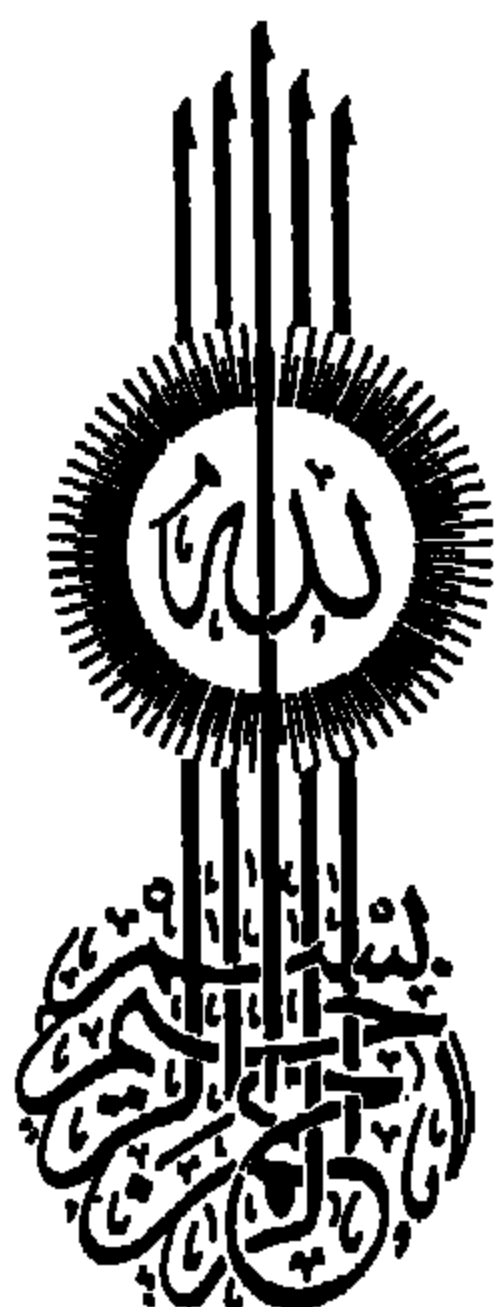
الرَّوَاسِبُ المَعْدِنِيَّةُ فِي المَمْلَكَةِ الْعَرَبِيَّةِ السُّعُودِيَّةِ



الدكتور أحمد محمد سليمان الشطي



مركز النشر العالمي
جامعة الملك عبد العزيز
جدة



الرَّوَّاسِبُ المَعْدِنِيَّةُ في المَمْلَكَةِ العَرَبِيَّةِ السَّعُودِيَّةِ

الدكتور أحمد محمد وسيلمان الشنطي

أستاذ جيولوجيا التعدين
كلية علوم الأرض - جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العالمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١
المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبدالعزيز ١٤١٦هـ (١٩٩٥ م)

جميع حقوق الطبع محفوظة . غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب ، أو تخزينه في أي نظام لحزن المعلومات واسترجاعها ، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة ، سواء كانت إلكترونية ، أو شرائط ممغنطة ، أو ميكانيكية ، أو استنساخاً ، أو تسجيلاً ، أو غيرها إلا بإذن كتابي من صاحب حق الطبع .
الطبعة الأولى : ١٤١٦هـ (١٩٩٥ م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الشنطي ، أحمد محمود سلمان

الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية.

... ص ، .. سم

ردمك ٧-٤٩-٠٦-٠٩٦٠

١- المعادن ٢- السعودية - المعادن أ- العنوان

ديوي ٥٥٣.١ ١٥/٣٨٩٠

رقم الإيداع : ١٥/٣٨٩٠

ردمك : ٧-٤٩-٠٦-٠٩٦٠

تصديق

الحمد لله الذي علم بالقلم . . علم الإنسان ما لا يعلم . . وصلى الله وسلم على المعلم الأول . . سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم خير من تعلم وأصدق من أعلم عن الله .

ولقد أسعدني أن أتصفح وأقدم لهذا الكتاب عن الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية الذي يأتي في وقت نحن أحوج ما نكون إليه وذلك لأن ثروة الأمة الطبيعية نعمة يمن الله بها على عباده : «هو الذي أنزل عليكم نعمه ظاهرة وباطنة» والضرب في الأرض وراءها والكشف عن أسرارها مسئولية تقع على كاهل أبنائها ، واستغلال هذه الثروات وتوظيفها لتمكين دين الله في الأرض ، وإعمار ديار الإسلام واجب كل غيور يرجو لأمته ولأهله الرفعة والمكانة المهابة بين الأمم . . وقد أتى حين من الدهر ، كان على أبناء العربية أن يتعلموا بغير لغتهم ويقرأوا عن ثروات بلادهم من مراجع وتقارير أجنبية لا يستطيع الجلل أن يستوعبها وخاصة أبنائنا الطلاب ممن لم يتمكنوا بعد من تلك اللغات . . لهذا فقد حمدت الله وانتابني شعور غامر بالرضا والسعادة وأنا أقرأ هذا الكتاب الذي بين أيدينا فمعرفتي بكاتبه - الأستاذ الدكتور أحمد محمود الشنطي - وثيقة بدأت منذ كان يعمل في المديرية العامة للثروة المعدنية حيث ولع بالعمل الحقلية وشغف بالترحال في أنحاء الجزيرة العربية ، يتعرف على مواقع التمعدن ، ويرصد معالمها . . ويقارن بينها ويربط بين قاصيها ودانيها . . يتعلم ممن سبقوه خبرة وتجاوزوه علما بكل ثقة وعزم وتوكل على الله وكنا نتدرب هناك أنا وزملائي من طلاب علوم الأرض .

ثم توطدت صلتى بالدكتور الشنطي عندما جاءت فكرة ضم معهد الجيولوجيا التطبيقية والذي كان يتبع وزارة البترول في ذلك الوقت وكان الدكتور الشنطي رئيساً للمعهد ورغبنا في ضمه إلى جامعة الملك عبدالعزيز لينطلق إلى ساحات أرحب في العلم والمعرفة وليمكن من خلاله تشكيل جيل جديد من الجيولوجيين يسهم بعلم واقتدار في الكشف عما تزخر به أرضنا الطيبة من نعم وثروات طبيعية ظاهرة وباطنة .

ولقد كان لي - ولله الحمد والمنة - شرف ضمّ المعهد لجامعة الملك عبدالعزيز واتخاذ إجراءات إنشاء كلية علوم الأرض لتكون أول صرح من نوعه في العالم العربي ، وجزى الله أخي معالي الشيخ أحمد زكي يماني الذي أسس هذا المعهد وتفهم أهمية ضمه لرحاب الجامعة ، وشكراً للدكتور أحمد الشنطي وزملائه من العلماء الأجلاء الذين اختيروا للعمل في هذا المجال فإن لهم الفضل في تلك المكانة الدولية التي تحظى بها كلية علوم الأرض اليوم .

ومن هنا كان توقعي أن يكون هذا الكتاب ثمرة جهاد طويل وحصاد سنين من العمل الصادق الخالص الذي يعكس دقة الأداء وأمانة الحقيقة العلمية وصحتها .

ولقد أتى الكتاب كما توقعت حافلاً بالإضافات العلمية الجيدة التي كنت أسعى خلفها ، عولجت فيه الموضوعات المختلفة بأسلوب سهل شيق رصين وبتتابع منطقي سلس . يبدأ الكتاب بمقدمة موجزة عن تاريخ التعدين في الجزيرة العربية منذ ما قبل الإسلام وحتى قيام المملكة العربية السعودية والذي تؤكد أعمال الحفر وأكوام الخبث المنتشرة في كل المواقع خاصة القريبة من تمعدنات الذهب والفضة والنحاس . ثم يبرز الاهتمام الحالي بالبحث والتنقيب عن الرواسب المعدنية بالمملكة .

يقسم المؤلف كتابه بعد تلك المقدمة إلى بابين رئيسيين : الأول عن الرواسب المعدنية الفلزية ، والثاني عن الرواسب اللافلزية . الباب الأول يغطي أكثر من ثلثي المادة العلمية في الكتاب وهو يشمل أربعة فصول : الأول عن الفلزات النفيسة والثاني عن الفلزات غير الحديدية والثالث عن الفلزات الحديدية والرابع عن الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة . يتقدم كل باب إيجاز عام عن الصخور التي يغلب ارتباط

الفلز بها والطرق السائدة في نشأته ، اقتصادياته ، من استخدام إلى توزيع إنتاجيته دولياً إلى النسبة الاقتصادية لتعدينه والعوامل التي تحكم ذلك - ثم ينتقل إلى التفاصيل الخاصة بوجود الفلز بالمملكة ، وفي هذا يجوب بك المؤلف جميع المواقع الهامة واصفا جيولوجيتها موضحاً نوعية التمعدين بها وأرجح النماذج المحتملة لنشأته مبيناً اقتصادياته ومزوداً القارئ بالخرائط التفصيلية والمقاطع ، ناسباً كلاً منها إلى صاحب العمل الأصلي بأمانة الباحث ودقة العالم وحنكة الخبير .

ولم تغب عن المؤلف أن تمتد مواقع تمعدن النحاس في الفصل الثاني لتشمل أجاجيات البحر الأحمر فكان ذلك دليلاً على التغطية الشاملة لكل المواقع - صغيرها وكبيرها في برها وبحرها .

أما الباب الثاني فقد أتى تقسيمه متمشياً مع الاتجاه العالمي في تأسيسه على الغرض المستخدم فيه الخام ، فقسمت الرواسب اللافلزية إلى تسعة فصول تضم : مواد الطاقة ومواد الصناعات الخزفية ومواد الإنشاء والتشييد . . إلخ . وقد اتبع المؤلف نفس النهج المتميز الذي سار عليه في الباب الأول معطياً الاهتمام المناسب لكل باب . . خاصة بعد أن اكتسبت هذه المواد أهمية بالغة ليس فقط لما صارت إليه كمورد رئيس للدخل القومي في كثير من الدول بل لكونها أصبحت أساساً لا غنى عنه في معظم الصناعات الحديثة المتطورة .

ومما يزيد أهمية الكتاب أنه يأتي كذلك في وقت أخذ العالم يعاني فيه من مشكلة نفاذ الثروات المعدنية في العالم وما تزال فيه بلادنا بكرة وتزخر بالعديد من الثروات المعدنية الفلزية واللافلزية ، وسوف يكون من واجبننا أن نولي هذا الموضوع كل الأهمية من ناحية الدراسة والبحث والاستكشاف والاستغلال الاقتصادي .

وأخيراً فإن كتاب : «الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية» يعكس الجهد الخلاق والهمة العالية للمؤلف ويسد ثغرة في المكتبة العربية الجيولوجية ويسر للطلاب والباحثين العرب سبيل المعرفة بثروات وطنهم . ومع ذلك فإن كل هذا الجهد يفتح باباً لمزيد من الجهد ، ويدعو الأساتذة والعلماء العرب إلى المزيد من الكتابة بالعربية فلن نتحقق للعرب نهضة إلا إذا أحيوا شخصيتهم الأصلية وتمسكوا بمقوماتها العريقة ، ولن يمسكوا بناصرية العلوم الحديثة إلا إذا كتبوها بالعربية ، عندئذ فقط

سيتخلصون من الشعور بالغربة والتطفل ، وسينتقلون من الانقياد إلى القيادة ، ومن التردد إلى الابتكار ، ومن التبعية إلى الريادة والاستقلال .

أحيي الأستاذ الدكتور أحمد الشنطي وأهنئ المكتبة العربية والسعودية خاصة بهذه الإضافة القيمة وأسأل الله تعالى تمام التوفيق للجميع .

والحمد لله رب العالمين .

دكتور محمد عبد يماني

أستاذ الجيولوجيا الاقتصادية

تقديم

تعتبر الثروة المعدنية من أهم الثروات الطبيعية التي أودعها الله في باطن الأرض ، وكلف الإنسان ليكتشفها ويسخرها لخدمته ولبناء حضارته . . قال تعالى : (وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد ومنافع للناس) (سورة الحديد - آية ٢٥) وقال تعالى : (يا أيها الذين آمنوا أنفقوا من طيبات ما كسبتم ومما أخرجنا لكم من الأرض) (سورة البقرة - آية : ٢٦٧) .

ولقد حبى الله هذا البلد الطيب بثروة معدنية ثرة متمثلة في كثير من المواقع المتمعدنة ، فلزية وغير فلزية ، إضافة إلى كميات هائلة من أحجار الزينة ، كالجرانيت والرخام وغيرهما موزعة في شتى نواحي المملكة .

وطوع يد القارئ الآن كتاب من بابين في عدة فصول تتناول باختصار الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية من النواحي الجيولوجية ، ونشأتها وكيفية تكونها واقتصادياتها ومواقعها وأهم أماكن وجودها في العالم وغير ذلك من المعلومات الضرورية المستقاة من مراجعها الأساسية الصادرة عن المديرية العامة للثروة المعدنية وبعض الهيئات العلمية .

وقد قام بإعداد هذا الكتاب الأستاذ الدكتور أحمد محمود الشنطي الذي مارس العمل الجيولوجي في المملكة عمليا في مجال استكشاف الثروة المعدنية وفي مجال تدريس الجيولوجيا الاقتصادية مدة تزيد عن الخمسة وثلاثين عاما في كل من وزارة البترول والثروة المعدنية وكلية علوم الأرض بجامعة الملك عبدالعزيز .

ولاني حريص وأنا أقدم هذا الكتاب أن أتجنب عن قصد الإشارة إلى تفاصيل محتواه الزاخر بالمعلومات القيمة تاركاً ذلك لحكم كل من يطلع عليه من المهتمين بعلوم الأرض وتطبيقاتها ومردوداتها الخيرة.

والله الموفق

إبراهيم بن أحمد خبيري

وكيل الوزارة للثروة المعدنية

شكر

يسعدني أن أتقدم بالشكر الى الاستاذ الدكتور محمد عبده يمانى الذي شجعني على إنجاز هذا المرجع ، وقدم تصديرا له ، وإلى الأستاذ الدكتور عبدالعزيز عبدالقادر حسين من هيئة المساحة الجيولوجية المصرية الذي راجع القسم الأكبر من الكتاب وقدم مقترحات بناءة أثناء إعداده . كما لا أنسى أن أقدم شكري للأستاذين الدكتور غيث محمد غيث من جامعة بوسطن والدكتور محمد الشرقاوي من جامعة القاهرة اللذين قيما الكتاب وحكماء وأبديا بعض الملاحظات البناءة عليه .

كما أقدم شكري للأستاذ ابراهيم خيرى وكيل الوزارة للثروة المعدنية الذي قدّم للكتاب ووافق على نشره ، وكذلك للدكتور محمد أسعد توفيق الوكيل المساعد للثروة المعدنية الذي اطلع على مسودة الكتاب وأبدى ملاحظات بناءة عليه .

هذا كما أتقدم بالشكر إلى الدكتور محمد أمين مرغلاني على ما أبداه من تشجيع لإخراج هذا العمل على هذا النحو الطيب ، وكذا أقدم شكري للأستاذ فؤاد عبدالعال مدير إدارة النشر في مركز النشر العلمي في الجامعة والذي قام بإجراء تعديلات بناءة على أسلوب صياغة الكتاب في مختلف مراحل نشره .

وأقدم شكري وإمتناني إلى كل من ساهم في إنجاز الكتاب إلى إن ظهر للوجود .

والله أسأل أن يجزيهم جميعا خير الجزاء .

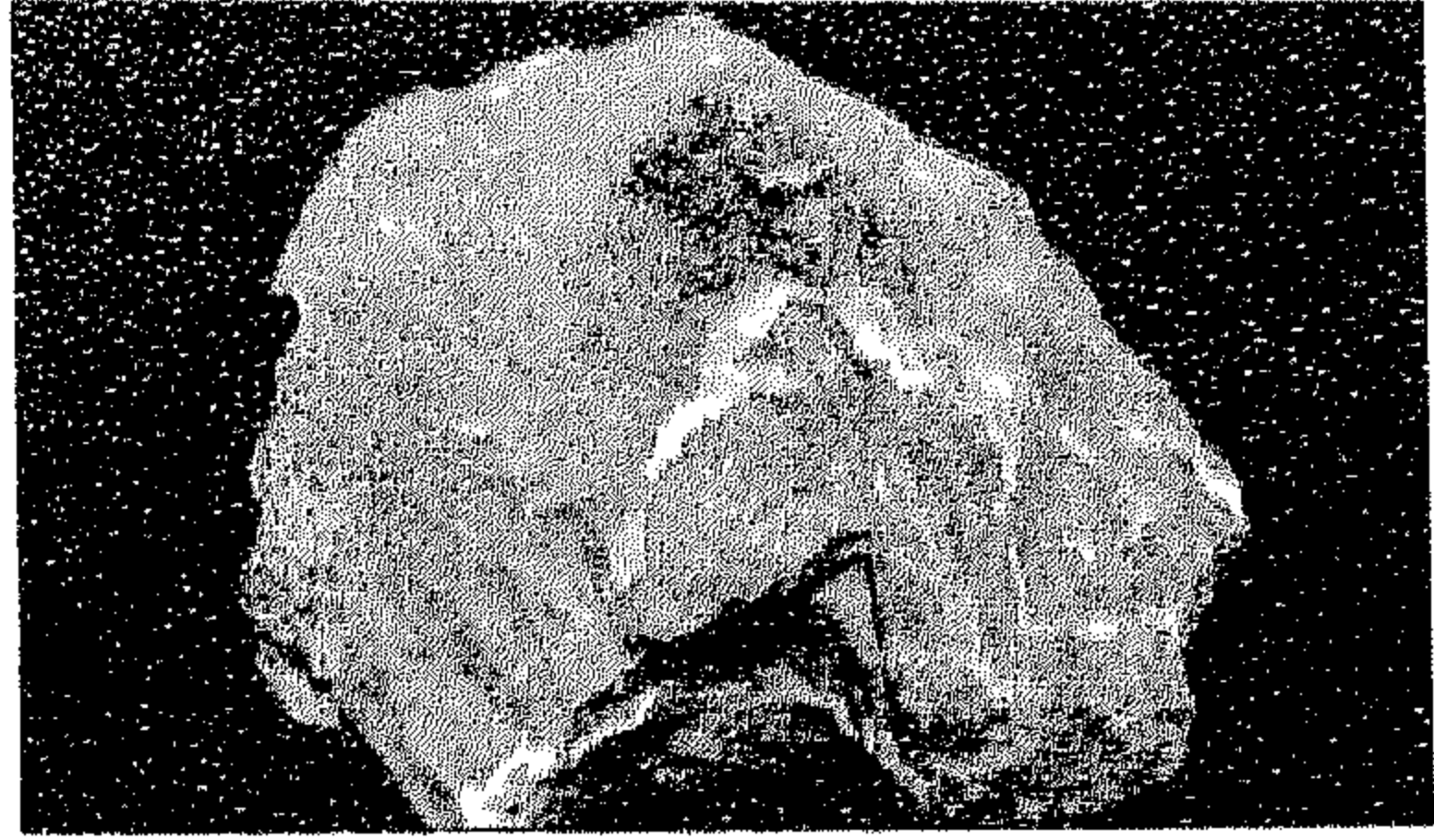
قائمة الاختصارات

Abbreviations Used in the Book

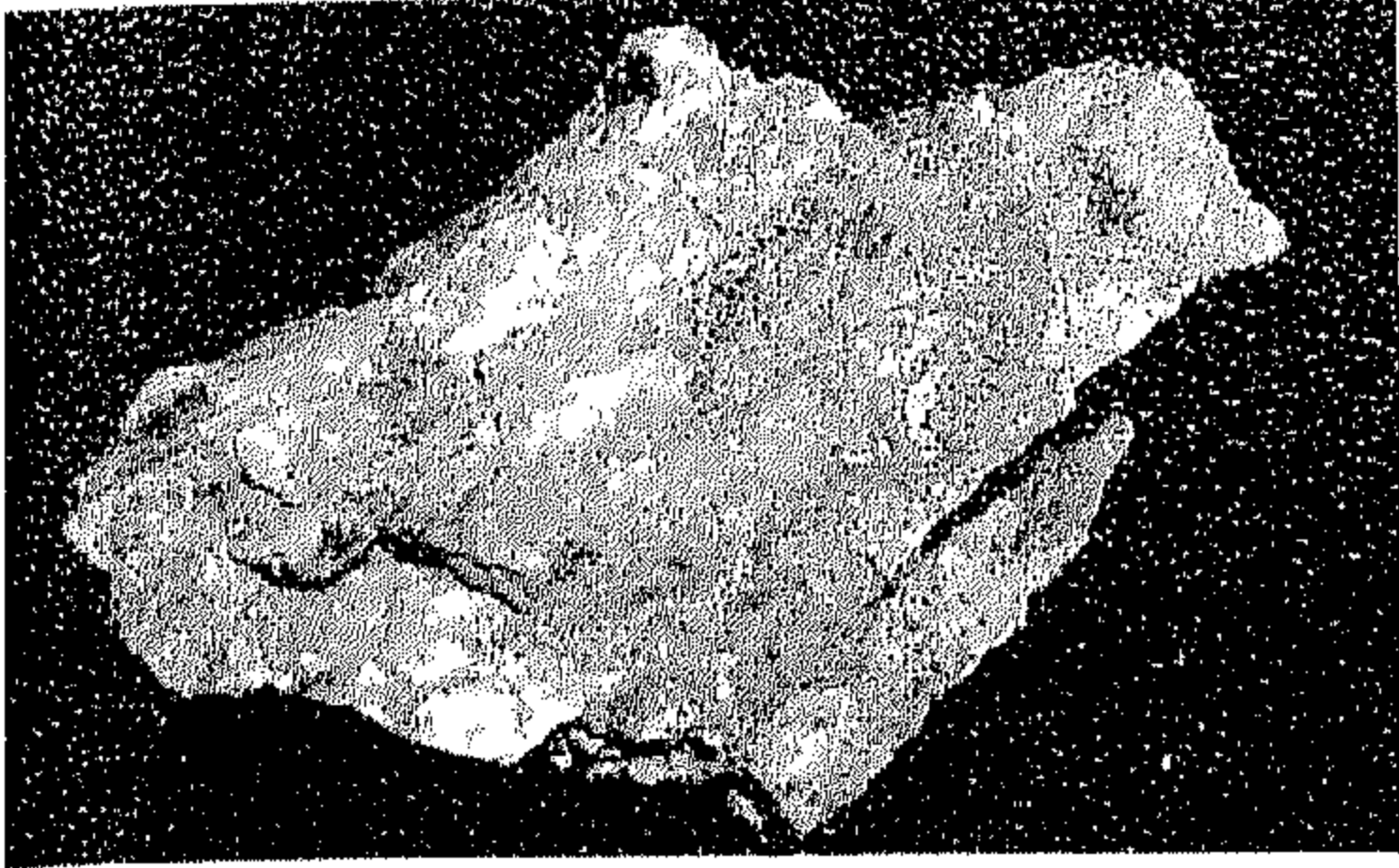
ASTM	American Society for Testing & Materials	الجمعية الأمريكية للمعايرة والمواد
BIF	Banded Iron Formation	مكونات الحديد الشريطية
BRGM	Bureau de Recherches Geologiques et Minieres, Saudi Arabian Mission	مكتب الأبحاث الجيولوجية والتعدينية ، بعثة العربية السعودية
DGMR	Directorate General of Mineral Resources	المديرية العامة للثروة المعدنية
DMMR	Deputy Ministry for Mineral Resources	وكالة الوزارة للثروة المعدنية
DTA	Differential Thermal Analysis	التحليل الحراري التفاضلي
FES	Faculty of Earth Sciences	كلية علوم الأرض
IAG	Institute of Applied Geology	معهد الجيولوجيا التطبيقية
KACST	King Abdulaziz City for Science and Technology	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
KAU	King Abdulaziz University	جامعة الملك عبد العزيز
KSA	Kingdom of Saudi Arabia	المملكة العربية السعودية
PETROMIN-GRANGEZ	Organization of Petroleum & Minerals, Sweedish Mineral Exploration Company	مؤسسة البترول والمعادن ، شركة تنقيب سويدية
PREUSSAG	German Mineral Exploration Company	برويساج ، شركة تنقيب معدنية ألمانية
RF	Riofinix Geological Mission	بعثة ريوفينكس الجيولوجية
SAMS	Saudi Arabian Mining Syndicate	نقابة التعدين العربية السعودية
USGS	United States Geological Survey, Saudi Arabian Mission	المساحة الجيولوجية الأمريكية ، بعثة العربية السعودية

شرح صور الغلاف

(١)



(٢)



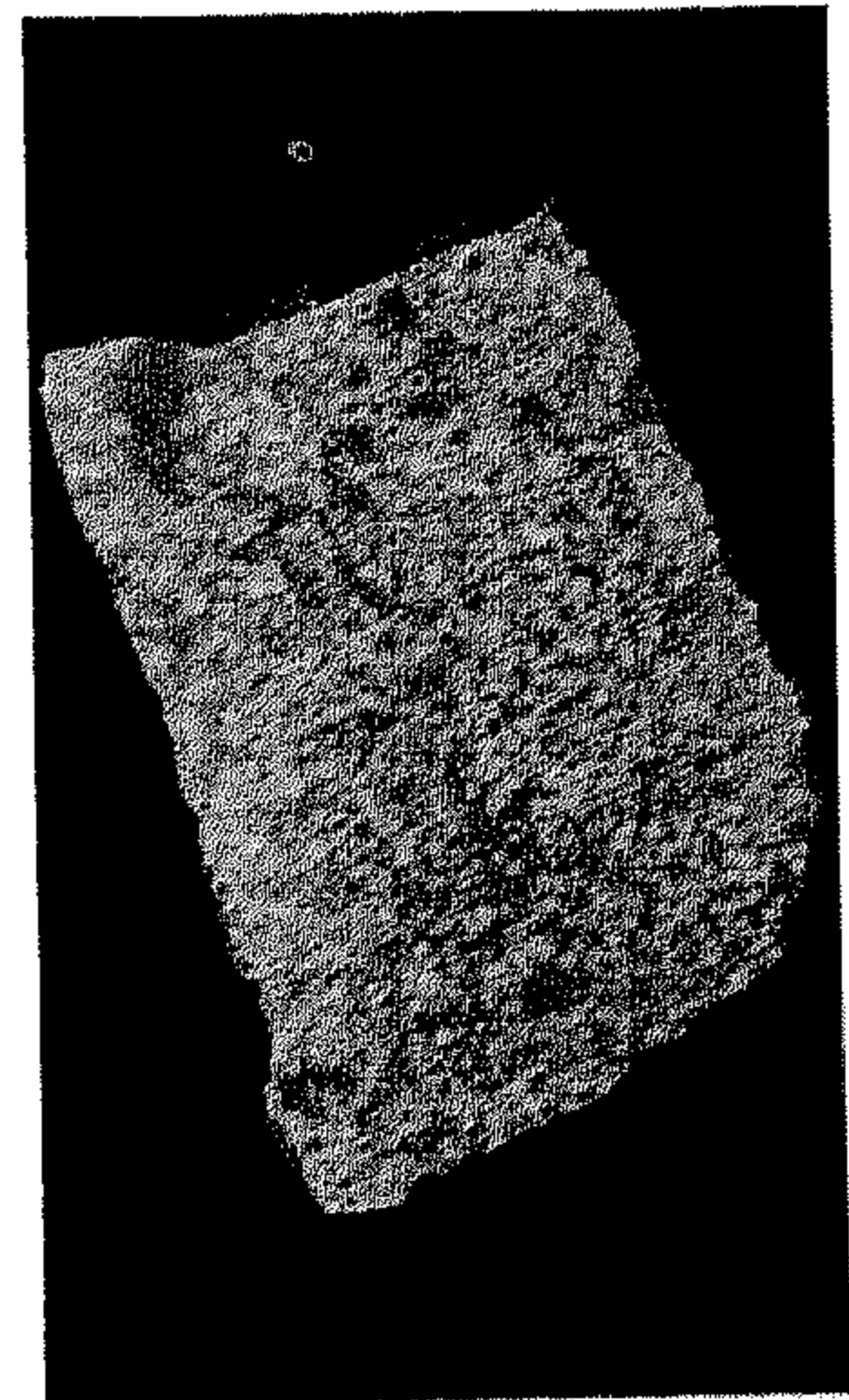
(٣)



١ — عينة متمعدنه من منجم مهد الذهب لخام الذهب . يوضح اللون
البنّي معادن كبريتيدات الزنك والحديد والرصاص كما ترى بعض
عروق المرو الصغيرة (البيضاء) قاطعة للمعدن .

٢ — عينة سطحية متمعدنه من راسب النحاس في جبل صايد مؤكسدة الى
الملاكيت والكريزوكلا.

(٤)



٣ — عينة سطحية متمعدنه من راسب حديد الصواوين ، لاحظ التطبيق
الدقيق بين معادن الحديد والجاسبر

٤ — عينة سطحية من راسب البوكسيت (خام الالومنيوم) في منطقة الزبيرة
(القصيم) ويرى النسيج البطروخي واضحاً .

المحتويات

صفحة

هـ	تصدير
ط	تقديم
ك	شكر
م	قائمة الاختصارات
ن	صور الغلاف
١	مقدمة
٧	● الباب الأول : الرواسب المعدنية الفلزية
٩	مدخل
١١	الفصل الأول : الفلزات النفيسة
١١	الذهب
٣٠	الفضة
٤٣	عناصر مجموعة البلاتين
٤٧	الفصل الثاني : الفلزات غير الحديدية
٤٧	النحاس
٩٧	الزنك والرصاص
١٠٨	القصدير
١١٢	الألومنيوم
١١٧	الفصل الثالث : الحديد والفلزات الحديدية
١١٧	الحديد
١٤٠	المنجنيز
١٤٢	النيكل

صفحة

١٤٥	الكروم
١٥٣	التنجستين
١٥٧	الموليبدنم
١٦٠	القناديوم
١٦١	الكوبلت
١٦٣	الفصل الرابع : الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة
١٦٤	التتالم والنيوبيوم
١٧٠	التيتانيوم
١٧٤	العناصر الأرضية النادرة
١٧٥	اليورانيوم
١٧٧	الثوريوم
١٧٨	الزركونيوم
١٨٠	البريليوم
١٨١	الليثيوم
١٨٣	المغنيسيوم
١٨٤	الأنثيمون
١٨٥	الزرنينخ
١٨٦	البزموت
١٨٧	الكادميوم
١٨٨	الزئبق
١٩١	● الباب الثاني : الرواسب المعدنية اللافلزية
١٩٣	مدخل
١٩٥	الفصل الأول : مواد الطاقة
١٩٥	الفحم
١٩٧	طفال الزيت
١٩٩	الفصل الثاني : مواد الصناعات الخزفية
١٩٩	الفلسبار

صفحة

٢٠٢	البوكسيت
٢٠٢	الصلصال
٢٠٥	الفصل الثالث : مواد الإنشاء والتشييد
٢٠٥	المواد الركامية
٢٠٦	مواد صناعة الأسمنت
٢٠٨	الجبس والأنهيدريت
٢٠٩	مواد العزل الحراري والصوتي
٢١٣	الفصل الرابع : المواد الميتاليرجية المقاومة للصدأ
٢١٣	الفلوريت
٢١٨	الجرافيت
٢١٩	الجير والحجر الجيري
٢٢٠	المجنيزيت
٢٢٥	الفصل الخامس : المعادن والمواد الصناعية
٢٢٥	الأسبستوس
٢٢٨	رمل الزجاج
٢٢٩	الميكال
٢٣٠	التلك
٢٣٢	الباريت
٢٣٤	البتونيت
٢٣٩	الفصل السادس : معادن الصناعات الكيميائية
٢٣٩	الهاليت (ملح الطعام)
٢٤١	أملاح البوتاسيوم
٢٤٢	الكبريت
٢٤٣	الفوسفات
٢٤٩	الفصل السابع : مواد الصقل والتلميع
٢٥٠	المواد العالية الرتبة
٢٥٠	المواد السيليكية

صفحة	
٢٥٠	مواد الصقل والتلميع اللينة
٢٥٣	الفصل الثامن : أحجار الزينة
٢٥٤	الجرانيت
٢٥٤	الرخام
٢٥٥	الحجر الجيري
٢٥٥	الحجر الرملي
٢٥٥	الإردواز
٢٥٥	الحجر الأخضر
٢٥٦	أحجار الزينة في المملكة العربية السعودية
٢٥٦	جرانيت يارا الرمادي (جرانيت ينبع الرمادي)
٢٥٦	جرانيت ود الرمادي (جرانيت الطائف الوردي)
٢٥٨	جرانيت الجموم الوردي
٢٥٨	جرانيت النجوف القرمزي الوردي (جرانيت فجران الوردي القائم)
٢٥٨	جرانيت الحمرة الوردي الرصاصي (جرانيت أبها الأحمر)
٢٥٨	جرانيت القزاز الأحمر البني
٢٥٨	جرانيت بير عسكر البني (جرانيت مجران البني)
٢٥٩	جابر والنعيم الأسود
٢٥٩	أنورثوزيت وادي خمال (أنورثوزيت ينبع)
٢٥٩	حجر جيرى الرياض (حجر الرياض)
٢٥٩	رخام فرسان الأبيض
٢٦٠	رخام المدركة الرمادي الوردي
٢٦٠	رخام فاطمة الرمادي البني (رخام وادي فاطمة الرمادي)
٢٦٠	رخام تربة الوردي (رخام تربة)
٢٦٠	رخام خانوقة الرمادي (رخام خانوقة)
٢٦١	رخام غزلان الرمادي
٢٦١	رخام الخوار الأسود (رخام الخوز)
٢٦٣	الفصل التاسع : الأحجار الكريمة

صفحة

٢٧١	● قائمة الاختصارات
٢٧٩	● المراجع
٢٧٩	● ثبت المصطلحات
٢٨٥	عربي - إنجليزي
٢٩١	إنجليزي - عربي
٢٩٥	● كشف المؤلفين
٢٠٩	● كشف المواقع
٣٠٠	● كشف الموضوعات

قائمة الأشكال

صفحة

- شكل (١) خريطة توضح أهم مواقع تمعدن الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية في المملكة العربية السعودية ٤
- شكل (٢) أ - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن منجم مهد الذهب ١٥
ب - مقطع جيولوجي A - B في موقع تمعدن منجم مهد الذهب ١٥
- شكل (٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الأمار . معدلة من (Delfour 1983) ٢٣
- شكل (٤) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الصخيرات ٢٥
ب - مقطع جيولوجي في الصخيرات الشرقية ٢٥
ج - مقطع جيولوجي في الصخيرات الغربية ٢٥
تقرير (1989) Petromin - Boliden
- شكل (٥) خريطة جيولوجية عامة لمنطقة وادي شواص تبين مواقع التمعدين المختلفة . معدلة من (Fujii an kato 1979) ٢٦
- شكل (٦) أ - خريطة جيولوجية توضح موقع تمعدن الحجار - وادي شواص . معدلة من (Fujii *et. al* 1973) ٢٨
- شكل (٧) أ - خريطة جيولوجية توضح مواقع المناجم القديمة لتمعدن الذهب في حزام جبل إشماس - وادي تثليث في درز نبيطة . لاحظ موقع منجم أمطيرة في شمال الخريطة . معدلة من (worl ١٩٧٩) ٣١
ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الذهب في أمطيرة ٣٢
ج - قطاع جيولوجي عبر التمعدين ممثلاً بثلاثة آبار . معدلة من (Hacket 1982) , (Greene 1982) ٣٢
- شكل (٨) خريطة جيولوجية تركيبية عامة لمواقع تمعدن الفضة في الدوادمي . معدلة من (Al Shanti 1976) ٣٨
- شكل (٩) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن سمرة - الدوادمي . مبسطة عن (Al Shanti 1976) ... ٤٠

صفحة

- شكل (١٠) خريطة جيولوجية على سطح مائل ٥٠ درجة غرباً عن المستوى الأفقي لتمعدن النقرة الجنوبية. معدلة من (Delfour 1983) ٤٣
- شكل (١١) أ - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في جبل صايد ٥٣
 ب - مقطع تخطيطي يوضح تمناطق التمعدن في جبل صايد. معدلة من Bowden and Smith (1975), Sabir (1975) ٥٣
- شكل (١٢) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشزم. معدلة من (Shanti 1982) ٥٦
- شكل (١٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الشلاهيب. معدلة من (Brosset 1972 b) ٥٩
- شكل (١٤) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الدمار الشمالية. معدلة من (Duhamel 1971) ٦١
- شكل (١٥) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في مصينة الشمالية معدلة عن Tayib and Al Shanti (1983) ٦٣
- شكل (١٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادي صعدة - المصانع. معدلة من Elsass *et. al.* (1983) ٦٥
- شكل (١٧) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في منطقة الصفرة. معدلة من El-Mahdy (1980) ٦٨
- شكل (١٨) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الخدمة - منطقة وادي شواص. معدلة من Fujii and Kato (1979) ٧١
- شكل (١٩) أ - خريطة توضح مواقع التمعدن في منطقة وادي بيده ٧٣
 ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن ريدان الجنوب ٧٣
 معدلتان من (Jackaman 1972) .

- شكل (٢٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن شعب الطير بوادي بيده . معدلة من Earhart
- ٧٧ and Mawad (1970)
- شكل (٢١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن قهاب في منطقة وادي بيده . معدلة من Earhart
- ٧٨ and Mawad (1970)
- شكل (٢٢) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدين في كل من وادي بيده ومنطقة المحاوية . معدلة من Cater and Jhonson (1987)
- ٨١
- شكل (٢٣) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدين في منطقة وادي يبا .
- ٨٧
- شكل (٢٤) خريطة جيولوجية لتمعدن وادي يبا . معدلة من Earhart (1968)
- ٨٨
- شكل (٢٥) خريطة البحر الأحمر توضح موقع منخفض أطلنطس .
- ٩٣
- شكل (٢٦) خريطة منخفض أطلنطس التمعدين ميين عليها الأعماق بالأمتار . معدلة من Backer
- ٩٤ and Richter (1973)
- شكل (٢٧) منحني مع جدول توضيحي لمنطقة تمعدن أطلنطس - البحر الأحمر . معدلة من Backer
- ٩٥ (1976)
- شكل (٢٨) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الزنك في منطقة الخنيقية .
- ١٠٢ ب - مقطع جيولوجي A - A يوضح الوضع الجيولوجي والتكتوني للمنطقة . معدلة من Testard *et. al.* (1980)
- ١٠٢
- شكل (٢٩) خريطة جيولوجية لتمعدن الردينية في منطقة الدوادمي . مبسطة عن Al Shanti
- ١٠٥ (1976)
- شكل (٣٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشعيب . معدلة من Allcot (1969)
- ١٠٧

صفحة

- شكل (٣١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن القصدير والتنجستن في معقد السلسلة الحلقي . معدلة من
 ١١١ Du Bray *et. al.* (1984)
- شكل (٣٢) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لتمعدن البوكسيت في منطقة الزيرة ١١٥
 ب - مقطع جيولوجي يوضح تطبق تمعدن البوكسيت من الجنوب للشمال معدلة من
 ١١٥ Black *et. al.* (1982)
- شكل (٣٣) خريطة توضح أهم مواقع تمعدن الحديد والفلزات الحديدية في المملكة العربية السعودية . . ١٢٢
- شكل (٣٤) خريطة جيولوجية ومقطع تخطيطي لمواقع تمعدن الحديد المغناطيسي في جبل إدساس .
 معدلة من (1978) Ashworth and Abdul Aziz ١٢٤
- شكل (٣٥) خريطة جيولوجية مبسطة لمواقع تمعدن المجنيتيت التيتاني في معقد وادي حيان - وادي
 قبب القاعدي . معدلة من (1970) Igarashi ١٢٦
- شكل (٣٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادي خمال (كمال) . معدلة من Chevremont
 and Johan (1981) ١٢٨
- شكل (٣٧) خريطة تبين مواقع تمعدن الحديد في منطقة الصواوين . معدلة من British Steel
 Corporation (1981) ١٣١
- شكل (٣٨) خريطة جيولوجية لمنطقة رواسب الحديد في وادي الصواوين . معدلة من شركة British
 Steel Corporation (1981) ١٣٢
- شكل (٣٩) أ - خريطة جيولوجية للراسب رقم ٣ من رواسب حديد الصواوين ١٣٣
 ب - عامود تطبيقي لتكوين السليسية يوضح التابع الصخري والسمك . معدلة من شركة
 British Steel Corporation (1981) ١٣٣
- شكل (٤٠) خريطة جيولوجية لمنطقة رقم - ١ - السليكية - لرواسب الحديد في منطقة وادي فاطمة .
 معدلة من (1966) Al Shanti ١٣٦

صفحة

- شكل (٤١) أعمدة طباقية لتكون الشميسي في ثلاث مناطق ، السليكية ، الشميسي ، ووادي الكر ،
يوضح الاختلافات في سمك طبقات الحديد وغيرها . معدلة من (Al Shanti 1966) ١٣٧
- شكل (٤٢) مواقع وجود تمعدن الكروميت (C r) والأسبستوس (Asb) في الدرع العربي ١٤٧
- شكل (٤٣) خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الكروميت في منطقة العيس . معدلة من Al Shanti & El Mahdy (1989) ١٤٨
- شكل (٤٤) خريطة جيولوجية لمواقع الكروميت في منطقة جبل إس -جبل العويند . معدلة من
Al Shanti & El Mahdy (1989) ١٥١
- شكل (٤٥) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لموقع تمعدن التنجستن في بدع الجملة ١٥٥
ب - مقطع جيولوجي في بدع الجملة ، معدلة من (Lofts 1982) ١٥٥
- شكل (٤٦) خريطة توضح مواقع تمعدن الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة في المملكة
العربية السعودية ١٦٧
- شكل (٤٧) أ - خريطة جيولوجية لجسم البجماتيت - ابلت المشع في جبل صايد ١٦٩
ب - مقطع جيولوجي عبر ثلاث آبار مائلة في نطاق التمدن المشع . معدلة من Hacket (1985) ١٦٩
- شكل (٤٨) أ - خريطة جيولوجية لمه تمدن الجاردة الحلقي ١٧٢
ب - خريطة مفصلة لمواقع تمعدن المعنيتيت التيتاني في جبل جمّا في المعقد ، معدلة من
Al - Koulak (1985) ١٧٢
- شكل (٤٩) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن البريليوم في جبل طربان ١٨٢
ب - مقطع جيولوجي في جبل طربان . معدلة من (Jackson 1986 a) ١٨٢
- شكل (٥٠) خريطة توضح بعض مواقع وجود مواد الصناعات الخزفية ومواد الإنشاء والتشييد في

صفحة

المملكة العربية السعودية ٢٠١

شكل (٥١) خريطة توضح أهم مواقع وجود المواد الميتاليرجية والمقاومة للصهر والصابرة والمعادن
والمواد الصناعية ومعادن الصناعات الكيماوية في المملكة العربية السعودية ٢١٦

شكل (٥٢) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في منطقة ظر غط . معدلة من Delfour
(1970) ٢٢١

ب - مقطع جيولوجي تخطيطي عبر المتكون الحاوي لتمعدن المجنيزيت ٢٢١

شكل (٥٣) خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في جبل رخام . معدلة من Bokhari (1979) ٢٢٣

شكل (٥٤) خريطة جيولوجية عامة لتمعدن الباريت في منطقة أم جراد (رابغ) . معدلة من
Al Shanti (1970) ٢٣٥

شكل (٥٥) خريطة جيولوجية مفصلة لأحد عروق الباريت المركبة مع قطاعين تخطيطيين في العرق .
لاحظ تمعدن الباريت في الشقوق والصدوع . معدلة من Al Shanti (1970) .

شكل (٥٦) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع تمعدن البيريت في وادي وسط . معدلة من
Roberts (1981) ٢٤٤

شكل (٥٧) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع رواسب الفوسفات في منطقة وادي السرحان -
طريف ٢٤٦

شكل (٥٨) خريطة توضح بعض أهم محاجر أحجار الزينة والرخام في المملكة العربية السعودية ٢٥٧

مقدمة

عندما أوكل إلى تدريس هذه المادة العلمية لطلاب قسم الجيولوجيا الاقتصادية في كلية علوم الأرض ، تلمست الحاجة إلى كتاب مرجع باللغة العربية يتناول شرحاً عن الرواسب المعدنية في المملكة العربية السعودية . وحينها بدأت في جَمْع ما يغطي متطلبات هذه المادة ويقدم للطلاب نبذة متكاملة عن المواقع المتمعدنة في المملكة ، وأنواعها ، ومواقعها ، و جيولوجيتها ، وأصل نشأتها ، واقتصادياتها وأهميتها للصناعة وغير ذلك . وقد تم ذلك بحمد الله ، ورُفعت مسودة الكتاب من الكلية إلى المجلس العلمي في شعبان من عام ١٤١٠ هجرية لإجراء اللازم نحو نشره . وها هو الآن وبعد مضي فترة ليست بالقصيرة ظهر إلى الوجود بفضل من الله . وإني لأرجو الله أن تكون فيه الفائدة المرجوة لطلاب الجيولوجيا والجيولوجيين في هذه المملكة الحبيبة .

ونعود إلى موضوع الكتاب .

تشكل الرواسب المعدنية الدعامة الكبرى لمختلف أنواع الصناعة والاستعمالات البشرية التي لا حصر لها بل وتعتمد عليها رفاهية الإنسان وحضارته في شتى مجالات حياته .

توجد هذه الرواسب عادة على سطح الأرض وبين طبقاتها المختلفة ، في أنواع

كثيرة من الصخور التي تشارك في تكوين القشرة الأرضية . وفي المملكة العربية السعودية وجد الكثير من الرواسب المعدنية ، التي هي موضوع هذا الكتاب ، الذي يقدم للجيولوجي ولطالب الجيولوجيا فكرة واضحة عنها ، وعن الصخور الحاوية لها ، وتكوّنها ، والمؤثرات والعوامل الجيولوجية التي أثرت عليها سلبا بتشويها وزحزحتها ، أو إيجابا بآثارها وتجميعها في أماكن يمكن استغلالها اقتصاديا منها .

ويعود النشاط التعديني في شبه الجزيرة العربية إلى ما قبل ثلاثة آلاف عام ، أي إلى زمن حكم سيدنا سليمان عليه السلام (٩٦١ - ٩٢٢ سنة ق . م) (Smith et al. 1984) . وقد بلغ النشاط التعديني ذروته في الفترة التي تلت انتشار الإسلام وخاصة أيام الخلافة الأموية ، وأوائل الخلافة العباسية (٧٥٠ - ١٢٥٨ م) إذ امتد هذا النشاط إلى شبه الجزيرة العربية والعراق وسوريا (Smith et al. 1984) . وما المناجم القديمة في الدرع العربي إلا الدليل الواضح على انتشار التعدين في هذه الفترة ، حيث التوسع الهائل في أعمال الحفر في كل مكان وجدت فيه شواهد للتمعدن ، وخاصة الدالة على وجود الذهب والفضة والنحاس . وقد خلف الأقدمون وراءهم المئات من مواقع المناجم القديمة ، الممثلة بالخنادق والآبار وأكوام النفايات والخبث والقرى المهدامة . وفي بعض هذه المواقع ، خاصة تلك الغنية بالذهب والفضة ، مثل منجم مهد الذهب ، ترك القدماء ما يزيد على مليون طن من أكوام النفايات المستخرجة من المنجم ونزلوا إلى عمق ٨٥ متراً تحت سطح الأرض ، إلى أن وصلوا إلى منسوب الماء الأرضي ، ثم توقفوا لعدم استطاعتهم التخلص من الماء بالطرق المتاحة لديهم حينذاك . وكذلك الحال في منجم سمرة ، جنوب مدينة الدوادمي حيث وصلوا إلى مستوى الماء الأرضي أثناء تعدينهم للفضة ، وتوقفوا عند ذلك . والأمر مماثل في مناجم كثيرة مثل أم الدمار ، والمصينة ، والنقرة والصفرة ، وغيرها (شكل ١) .

أما الفترة التي تلت صدر الإسلام والخلافة العباسية ، فهي فترة التعدين التي جاءت مع ولادة المملكة العربية السعودية ، حيث اهتم جلاله الملك عبدالعزيز آل سعود رحمه الله بتنمية هذه الثروة . وكان من نتيجة ذلك قيام نقابة التعدين العربية السعودية (SAMS) بإعادة فتح منجم مهد الذهب واستغلاله ، وفتح منجم ظلم . فمن منجم مهد الذهب ، وفي الفترة ما بين ١٩٣٩ م و ١٩٥٤ م ، أمكن استخراج ٢٣ طناً ذهباً و ٣١

طنًا فضة . استخلص حوالي ٢٥٪ من هذا الإنتاج من أكوام النفاية التي تركها الأقدمون . (Luce *et. al* 1975) إذ لم تكن لديهم الوسائل الناجحة لاستخلاص كل الذهب والفضة من الصخر .

أما منجم ظلم فقد تبين بعد بدء تشغيله أن التمعدين في الموقع غير اقتصادي ، لذا أوقف العمل به بعد فترة قصيرة . وفي نفس الفترة الزمنية (١٩٣٣ م) اكتشف البترون في المملكة العربية السعودية ، فكان اكتشافه بها فاتحة خير وبركة .

وقد اهتمت المملكة العربية السعودية منذ نشأتها بالبحث والتنقيب عن الرواسب المعدنية في المملكة ، وأنفقت المبالغ الطائلة في هذا الشأن ، لاقتناعها بأن أرضها تحتوي على العديد من الرواسب التي يمكن تنميتها والاستفادة منها اقتصاديا .

وعندما نتعرض لدراسة الرواسب المعدنية في إقليم ما ، نحاول دائما أن نضع تقسيما معيناً يشكل الإطار الذي نقدم من خلاله هذه الدراسة . وفي هذا الكتاب استقر الرأي على اتباع التقسيم الذي سار عليه جنسن وبيتمان (Jensen and Bateman 1981) . حيث يُقسّم الرواسب المعدنية إلى فلزية وغير فلزية كما يلي :

الباب الأول : الرواسب المعدنية الفلزية Metallic Mineral Deposits

● الفلزات النفيسة Precious Metals

الذهب - الفضة - عناصر مجموعة البلاتين .

● الفلزات غير الحديدية Nonferrous Metals

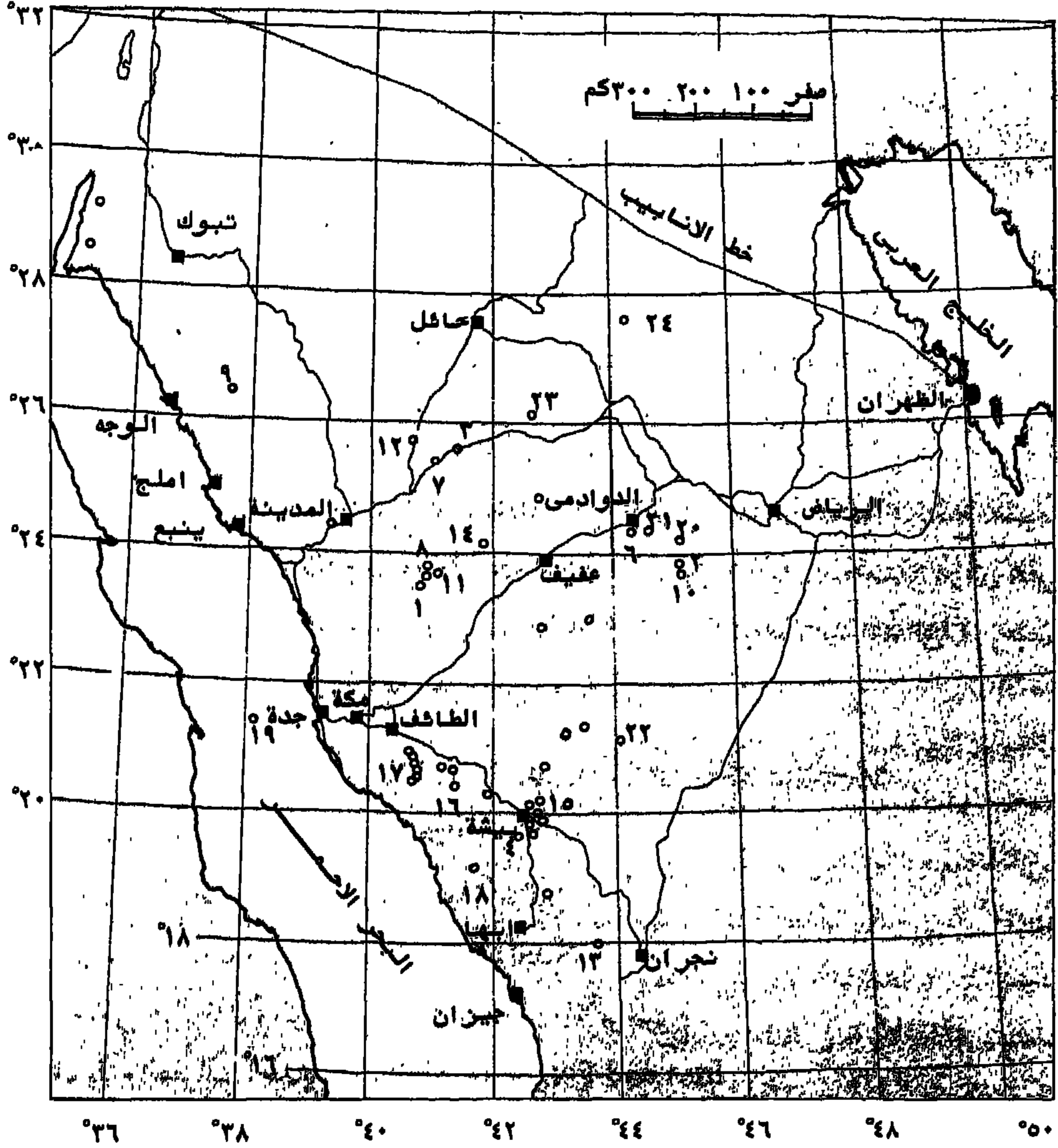
النحاس - الزنك والرصاص - القصدير - الألومنيوم .

● الحديد والفلزات الحديدية Iron and Ferroally Metals

الحديد - المنجنيز - النيكل - الكروم - التنجستن - الموليبدنم - الفاناديوم - الكوبلت .

● الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة Minor Metals and Related Nonmetals

التتالوم والنيوبيوم - التيتانيوم - العناصر الأرضية النادرة - اليورانيوم - الثوريوم - الزركونيوم - البريليوم - الليثيوم - المغنيسيوم - الأنثيمون - الزرنيخ - البزموت - الكادميوم - الزئبق .



شكل (١) خريطة توضح أهم مواقع تمعدن الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية في المملكة العربية السعودية .

تابع شكل ١ - مواقع الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية

الفلزات النفيسة	
الذهب	الفضة
١ - مهد الذهب	٦ - سمره
٢ - الأمار	٧ - النقرة
٣ - الصخيبرات	
٤ - الحجار	
٥ - أمطيرة	
الفلزات غير الحديدية	
النحاس	الزنك والرصاص
٨ - صايد	٢٠ - الخنيقية
٩ - الشزم	٢١ - الردينية
١٠ - أم الشلاهب	٢٢ - الشعيب
١١ - أم الدمار	القصدير
١٢ - المصينة	٢٣ - السلسلة
١٣ - المصانع	الألومنيوم
١٤ - الصفرة	٢٤ - الزبيرة
١٥ - وادي شواص	
١٦ - وادي بيده	
١٧ - المحاوية - الباحة	
١٨ - وادي يبا	
١٩ - أطلنطس	

الباب الثاني الرواسب المعدنية اللافلزية Nonmetallic Mineral Deposits

- مواد الطاقة .
- مواد الصناعة الخزفية .
- مواد الإنشاء والتشييد .
- المواد الميثليرجية والمقاومة للصهر والصاهرة .
- المعادن الصناعية .
- معادن الصناعات الكيماوية .
- مواد الصقل والبري .
- أحجار الزينة .
- الأحجار الكريمة .

وفي التناول التالي لأهم الخامات المعدنية في المملكة سنعرض للموجود منها حسب الترتيب السابق .

ويبين (شكل ١) أهم مواقع تمعدن الفلزات النفيسة والفلزات غير الحديدية في المملكة العربية السعودية، أما باقي أنواع الرواسب المعدنية فستوضح مواقعها على خرائط مشابهة عند تناول شرح تلك الرواسب في صلب الكتاب .

دبى الأول

الرواسب المعدنية الفلزية Metallic Mineral Deposits

n مدخل n الفلزات النفيسة n الفلزات غير الحديدية n الحديد
والفلزات الحديدية n الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات
المصاحبة .

مدخل

تكثر مواقع الرواسب المعدنية الفلزية في صخور الدرع العربي ، وطبقا للمفاهيم الميتالوجينية الحديثة تتميز صخور معينة بصحبة رواسب معينة ، فمثلا يوجد الكروم وبعض رواسب النيكل في صخور البريدوتيت أو السربنتينيت المتحول عنه ، وكذلك تصاحب رواسب القصدير والموليبدينم صخور الجرانيت ، أما رواسب النحاس والزنك بالملكة فتوجد مع الصخور البركانية أو الفتاتية بركانية الأصل ذات التركيب الحمضي أو المتوسط . . . وهكذا .

وتتباين رواسب المعادن في المملكة في أشكالها وفي ظروف وأزمنة تكونها ، فهناك الرواسب الصحارية النشأة في الصخور النارية المتداخلة ، والرواسب المتكونة في أنطقة التماس على حواف الأجسام المحقونة ، وكذلك رواسب الكبريتيدات المتطبقة ، والرواسب التي تتخذ شكل العروق ، والرواسب المعدنية الرسوبية النشأة مثل رواسب الحديد واليوكسيت .

الفصل الأول

الفلزات النفيسة Precious Metals

■ الذهب ■ الفضة ■ عناصر مجموعة البلاتين .

الذهب (Au) Gold

بلغ الإنتاج العالمي من الذهب حوالي ٤٠ مليون أوقية في السنة خلال الأعوام القليلة الماضية . وتأتي على رأس الدول المنتجة له جنوب إفريقيا (٦٥٪ من الإنتاج العالمي) ، والاتحاد السوفيتي (١٣٪) ، وكندا (٦٪) ، والولايات المتحدة (٣,٥٪) (U.S.B.M. 1989) .

والذهب فلز أصفر مميز اللون ، كثافته ١٩,٣ جم/سم^٣ وهو فلز لين قابل للطرق والسحب مقاوم للتآكل والتأكسد . وأهم معادن الذهب الاقتصادية هي الذهب الطليق والإلكتروليت (سبيكة من الذهب مع الفضة) مع كميات قليلة من تليريدات الذهب والمملغم (خليط من الذهب والزنك) . وأهم المعادن الغثة المصاحبة للذهب هي الكوارتز ، وأحيانا توجد أيضا معادن الكربونات أو التورمالين أو الفلوريت وغيرها .

ويوجد الذهب دائما مصاحبا للفضة في نفس الراسب ، كما توجد كميات منه مصاحبة لرواسب الكبريتيدات الكتلية للنحاس والزنك والرصاص وغيرها .

الاحتياطيات الموجودة، والصورة الموجود عليها الفلز، وكذلك المعادن المصاحبة. وبصورة عامة، وتحت الظروف الاقتصادية السائدة تعتبر نسبة ٧-٩ جرام بالطن نسبةً تسمح بالاستخراج تحت الظروف الراهنة.

وترجع أهمية الذهب إلى استخداماته المهمة في النظام النقدي (كغطاء للعملة) وكذلك في أغراض الزينة (المصوغات والطلاء بالذهب) وطب الأسنان والصناعات الكيميائية، وحديثاً في الأجهزة الإلكترونية وسفن الفضاء.

وتوجد رواسب الذهب في العديد من الصخور النارية والرسوبية والمتحولة وأهم الرواسب الحاوية له هي رواسب الحشو (fissure filling deposits) حيث يوجد مع الكوارتز في العروق وفي لحام البريشيا وغيرها من الفراغات، كما قد يوجد في نطاق التحول البيروميتاسوماتي (pyrometasomatic)، أو كتركيزات رسوبية في رواسب المراقد (النهرية أو الشاطئية) الحديثة (placers)، أو الأحفورية. وتنتج كميات كبيرة من الذهب كمنتج جانبي (by-product) عند معالجة رواسب النحاس البورفيرى ورواسب الكبريتيدات الكتلية.

الذهب في المملكة العربية السعودية

يوجد الذهب في مناطق الدرع العربي بالمملكة - غالباً على هيئة عروق. وهناك حوالي ٨٠٠ موقع معروف للذهب مختلفة الرتبة والاحتياطيات، [نشرة المديرية العامة للثروة المعدنية رقم (٣)]، منها ٣١ موقعاً تحتوي على أكثر من ١٠٠٠ كيلو جرام من الذهب و٩٩ موقعاً تحوي ما بين ١٠٠ و ١٠٠٠ كيلو جرام وباقي المواقع ضئيلة الاحتياطي حيث يقل الإجمالي عن ١٠٠ كيلو جرام من الفلز لكل موقع، ويبين شكل (١) بعضاً من أهم مواقع وجوده بالمملكة.

والمتبع لتوزيع مواقع عروق الكوارتز الحاملة للذهب في المملكة يلاحظ تركيز معظمها حول خط يتجه من الجنوب إلى الشمال في منتصف الدرع ما بين نجران وظلم ثم حائل متطبقاً إلى حد ما - مع درز نبيطة (Nabitah suture).

وهناك ما يدل على أن تعدين الذهب والفضة من عروق الكوارتز الحاملة لهما،

أو من هالات التغيير المصاحبة لهذه العروق من مواقع عديدة في المملكة العربية السعودية يعود إلى ما قبل الميلاد .

تميز تعدين الذهب بثلاث فترات من النشاط ، في القرن ٢١ قبل الميلاد عندما كان ينقل الذهب المستخرج إلى العراق ، وما بين ٩٦١ - ٩٢ ق.م خلال حكم سيدنا سليمان عليه السلام ، ثم خلال فترات متقطعة من حكم الدولة الأموية وأوائل حكم الدولة العباسية . وتوقف تعدين الذهب من المملكة لفترة حوالي ٧٠٠ سنة ، إلى أن جاءت الدولة السعودية فاستُغل منجم مهد الذهب من ١٩٣٩ حتى ١٩٥٤ م . ويعتقد بأن تعدين الفضة كان متأخراً عن الذهب . وقد أمكن التعرف باستخدام نظائر الكربون ١٤ من الفحم الموجود مع الخبث من بعض المناجم على أن تاريخ التعدين يرجع إلى الفترة من ٧٠٠ إلى ٧٢٦ م .

وتقطع عروق الكوارتز الحاملة للذهب والفضة مختلف أنواع الصخور المتطبقة والمتداخلة في الدرع العربي . وتعتبر مناجم مهد الذهب والأمار والصخيبرات والحجار وأمطيرة من أهم المواقع الحاملة للذهب في المملكة حتى الآن ، لذا سنعرض لها تفصيلاً فيما يلي :

١) منجم مهد الذهب Mahd Adh Dhahab Mine

يقع منجم مهد الذهب على مسافة حوالي ٢٣٠ كم إلى الشمال الشرقي من جدة في صخور الدرع العربي . واستغل المنجم على فترات متقطعة في السابق فيما قبل الإسلام وفي زمن الخلافة العباسية ، ويقدر ما استخرج منه خلال الفترات السابقة بحوالي ٧٥٠,٠٠٠ أوقية من الذهب ومليون أوقية من الفضة . وكانت آخر فترات استغلاله فيما بين ١٩٣٩ و ١٩٥٤ بوساطة نقابة التعدين السعودية التي توقفت بسبب استنزاف الاحتياطات المعروفة وقتئذ . وفي فترة لاحقة وضعت المديرية العامة للثروة المعدنية برنامجاً للبحث والتنقيب بالمنطقة أدى إلى الكشف عن مزيد من الخام في منطقة مجاورة لمنطقة التعدين السابقة وهي التي أقيم عليها منجم الاستكشاف الجديد الذي قام جلالة الملك فهد بن عبدالعزيز حفظه الله بافتتاحه في العام ١٤٠٣ هـ (١٩٨٣ م) والمخطط له أن يعطي ٤٠٠ طن من الخام يومياً وذلك لإنتاج ٩,٢ طن من الذهب و ١١

طن من الفضة سنويا ولمدة عشر سنوات .

جيولوجية المنطقة : يوجد منجم مهد الذهب في تتابع من الصخور البركانية والفتاتية النارية (volcaniclastics) والرسوبية، أطلق عليها سابقا اسم تتابع المهد (Mahd Adh Dhahab Series) وأعاد كمب وزملاؤه (Kemp *et. al.* 1982) تسميتها بمجموعة المهد (Al-Mahd group) والتي يعتقد أنها توازي مجموعة الحليفة (Hulayfah group) . وقد تكون هذا التتابع فوق محقون من جرانيت - جرانوديوريت (ينكشف في جبل ذخر) مع وجود راقات من الرصيص أسفل التتابع على سطح الجرانيت تظهر منكشفة على بعد ١٢ كيلو متراً إلى الجنوب الغربي من المنجم . يلي الرصيص تتابع من الصخور البركانية الرسوبية التي تتخللها فيوض بازلية، ثم بركانيات أنديزيتية، وهذه الأخيرة تشكل قاعدة تتابع المهد (شكل ٢) .

ويمكن تقسيم الصخور المتطبقة في جبل المهد إلى خمس وحدات كما اقترح لوس وزملاؤه (Luce *et al.* 1975)، تمل جميعها ميلا متوسط الدرجة (٢٠ - ٤٥) إلى الشمال وتمتد من الشرق إلى الغرب بصفة عامة، وبالتالي تنكشف الوحدات الأقدم في الأجزاء الجنوبية من المنطقة، ويتكون التتابع بكامله من خليط من الفتات البركاني (pyroclastics) والفتات المنقول (epiclastics) مع وجود بعض الفيوض البركانية وطبقات الطّف والبريشيا البركانية.

ويشتمل تتابع المهد على وحدة من الطّف والفيوض الأنديزيتية تعلوها وحدة الأجلومريت الأسفل (lower agglomerate)، ثم الطّف الأسفل (lower tuff) فالأجلومريت الأعلى (upper agglomerate) ثم الطّف الأعلى (upper tuff) (شكل ٢) (Luce *et. al.* 1975). ويمكن تقسيم كل من هذه الوحدات إلى أقسام أصغر كما يلي:

الأجلومريت الأسفل يمكن تقسيمه إلى ثلاث وحدات: سفلى وأوسط وعلوي، يمكن التمييز بينها بسهولة في العينات اللبية، لكن التعرف عليها على السطح صعب نسبيا بسبب الركام الذي يغطي المنكشف. وحدّ التماس (contact) بين الأجلومريت الأسفل والطّف الأسفل حدّ انتقالي متدرج (gradational) حيث يغطي

نطاقاً واسعاً، يتداخل فيه الأجلومريت مع الطّف اللّويّني (lapilli tuff) والطّف الكتلي (massive tuff)، وعلى العكس من ذلك يكون حد التماس بين الطّف الأسفل وما يعلوه من وحدة الأجلومريت الأعلى حاداً (sharp) ليس فيه تدرج أو تداخل بين الوحدتين.

وتقسم وحدة الأجلومريت الأعلى (upper agglomerate) إلى وحدتين: سفلى من الطّف البلوري الصخري الأجلومريتي (agglomerate crystal lithic tuff) يتدرج إلى أجلومريت، وعلوي من الأجلومريت الرصاصي اللون. تتوافق وحدة الطّف البلوري مع ما تحتها من الطّف الأسفل، وتتكون أجزاؤها السفلية بصفة رئيسة من صخر فتاتي - بركاني مافيّ داكن (mafic pyroclastics) يحتوي على وفرة من الفتات اللّويّني وبعض الزجاج، أما بقية الوحدة فجيدة التطبق (well bedded) وعادة ما يكون بها تطبق متدرج (graded bedding). تبدو وحدة الأجلومريت الرصاصي وكأنّها غير متوافقة مع الوحدة السابقة، إذ تتقاطع أسطح تطبق الوحدتين أحياناً، كما قد تستقر وحدة الأجلومريت الرصاصي على وحدة الطّف الأسفل مباشرة.

أما الطّف الأعلى فهو رصيص - أجلومريت، تتطابق معه راقات من الرواسب الطينية والطّف الجيري خاصة عند قاعدة الوحدة، وتستقر الوحدة في عدم توافق على وحدة الأجلومريت الأعلى الموجودة تحتها. وفي الآبار المحفورة أو أعمال التعدين السطحية ينكشف حد التماس بين الوحدتين على صورة صدع مستوى تطبق الوحدتين bedding plane fault يوازي أسطح تطبق الطّف الأعلى.

وينتهي تتابع الصخور البركانية الرسوبية والرسوبية في مهد الذهب بوحدة صغيرة من الصوان (chert) تنكشف في أقصى شمال التتابع.

ويقطع تتابع صخور جبل المهد، خاصة في منطقة تل المنجم (Mine Hill) جسم صخري ريوليتي بورفيري دار حوله خلاف شديد. فاعتبره ديروم (Dirom 1946) فيضاً ريوليتياً (rhyolite flow) واعتبره لوس (Luce *et al.* 1975) محقوناً صغيراً من الريوليت البورفيري، في حين يعتبره وورل (Worl 1979) جزءاً من وحدة الطّف تعرض لعمليات تحول ميتاسوماتي أدى إلى دخول الفلسبار البوتاسي

بها . أما حكيم (Hakim 1979) وهكريبي وزملاؤه (Huckerby *et. al.* 1982) فقد اعتبروه محقونا ناريا (كما ذكر لوس وزملاؤه) صغيرا من الريوليت البورفيرى على أساس أن :

١ - حدود التماس الحادة بينه وبين وحدة الأجلومريت في شمال غرب تل المنجم وكذلك حد التماس بينه وبين الصوان على قمة تل المنجم واضحا .

٢ - ما شوهد من تحول صخور الطّف تحولا حراريا نسبيا إلى هورنفلس بجوار المحقون .

٣ - وجود بعض قواطع البريشيا الريوليتية (rhyolitic breccia dykes) مصاحبة لهذا الجسم الريوليتي .

يقطع كل الصخور السابق ذكرها ، عدد من جدد الأنديزيت القاطعة (andesite dykes) يصل سمك بعضها إلى ٢ م ، وتضرب كلها في اتجاه ٤٥° إلى الشرق من الشمال ، وتميل بزاوية ٧٠° إلى الغرب إلا أن القليل من عروق الكوارتز الصغيرة قد تقطع هذه الجدد الأنديزيتية .

يقع مهد الذهب في منطقة شديدة التصدّع والطيّ في اتجاه الشمال الشرقي ، أما في منطقة المنجم نفسها فتسود التراكيب الضاربة إلى الشمال ، يليها في الأهمية تلك الضاربة في اتجاه الشمال الغربي أو الشمال الشرقي . أهم الملامح التركيبية في المنطقة هي النطاق الحاوي لعروق الكوارتز الذي يضرب في اتجاه ١٠° إلى الشرق من الشمال ، والذي تقع فيه المناجم القديمة والمنجم الجديد . ومن الواضح أن عدداً من دورات التصدّع ، وترسب عروق الكوارتز ، وتداخل قواطع الأنديزيت قد تابعت على المنطقة ، كان معظمها متجها إلى الشمال أو الشمال الشرقي ، والقليل منها باتجاه الشمال الغربي .

ويسود التطبق (layering) وحدات الصخور جميعها ، حيث تبدو أسطح التطبق والتطبق المتدرج واضحة في كل وحدات الطّف ، وأقل وضوحا في وحدات الأجلومريت . أما التورق foliation وما يصاحبه من تراكيب تحويلية النشأة فهو غير

واضح في المنطقة .

كما يتضح الطي (folding) في منطقة مهد الذهب ، حيث تقع المنطقة على مفصل (hinge) حلبة غاطسة (plunging anticline) إلى الشمال ، مقطوعة بالصدوع إلى الشرق من المنجم . ومنطقة المنجم نفسها على هيئة طية موحدة الميل (ho-mocline) يتجه محورها إلى الشمال الغربي ويميل بزاوية ٥٠° إلى الشمال . كما يبدو بالمنطقة بعض الطيات المحلية التي تتجه محاور معظمها أيضا إلى الشمال ، أو الشمال الغربي .

التمعدن Mineralization : التمدن الموجود في مهد الذهب هو تمعدن ذهب - فضة مع بعض النحاس والزنك ، ويتبع المجموعة المعروفة باسم رواسب عروق الفلزات النفيسة و فلزات القاعدة ، precious and base metal vein type deposits ، والموجودة في عروق الكوارتز أو مصاحبة لها فيما يحيط بها من الصخور المضيفة (Hakim 1979) .

وبالرغم من وجود عروق الكوارتز في كل أنحاء المنطقة ، إلا أن معظمها يتركز في نطاق طوله حوالي كيلو متر وعرضه حوالي ٤٠٠ م ويمتد باتجاه ١٠° إلى الشرق من الشمال . تحتوي أنطقة الصدوع والتغيير الصخري (rock alteration) وعروق الكوارتز هذه على معظم الحفريات والأشغال القديمة خلال الفترات السابقة ، وكذلك على المنجم الجديد .

ويتراوح سمك عروق الكوارتز بين ١ سم إلى أكثر من ٥ م (معظمها بين ١٠ و ٥٠ سم) . وتمثل العروق حشواً لفراغات وشقوق سابقة التكوين fissure fillings كما يدل على ذلك وجود الفجوات المحتوية على بلورات (crystalline vugs) وتراكيب المشط (comb structure) . كثير من العروق مهشم وملحوم بجبل لاحق من الكوارتز . معظم العروق الكبيرة عروق مركبة (composite veins) تتكون من شظايا الكوارتز ، والصخور المضيفة ملحومة بالكوارتز الأحداث (Worl 1979 , Huckerby 1989) .

تتكون العروق أساساً من الكوارتز مع بعض الكبريتيدات والكلوريت وأحياناً توجد السيليكات دقيقة التبلر (الكالسيدوني) ومعادن الكربونات كمكونات متأخرة لبعض العروق. وكثيراً ما يوجد الفلسبار البوتاسي، خاصة في منطقة المنجم القديم، إما على هيئة بلورات داخل عروق الكوارتز، وإما كمعروق مستقلة في الصخور المضيفة المتغيرة. ويزداد التمدن عادة بتزايد نسبة عروق الكوارتز حتى تُكوّن شبكة عريقية (stockwork). والكبريتيدات الموجودة في العروق هي البيريت والكلكوبيريت وجيلان على الأقل من معدن السفاليريت (أحدهما داكن اللون والآخر عسلي) وبعض الجالينا القليلة مع وجود التتراهيدريت والأرجنتيت أحياناً، ويصاحب هذه الكبريتيدات الذهب والفضة الطليقة. وقد دلت الدراسات العملية على عينات المنجم القديم والمنجم الجديد على أن معظم الذهب، وربما معظم الفضة، موجود في صور إلكتروم (electrum) ومعادن تلريدية (tellurides) حيث عرفت فيها معادن هسيت (hessite, Ag_2Te) وإمبرسيت (empressite, $Ag Te$) وألتيت ($altaite$, $Pb Te$) وبيتزيت ($petzite$, $Ag Au Te$) وغير ذلك من معادن مركبة. (Afifi 1990).

وهناك مجموعتان من الأجسام المتمعدنة في مهد الذهب، استغلت إحداها في المنجم القديم، وهو موجود بالقرب من محقون الريوليت في وحدة الأجلومريت الأعلى، في حين يوجد الجسم الثاني في منطقة المنجم الجديد، بجوار محقون الريوليت أيضاً لكن في وحدة الأجلومريت الأسفل، حيث يشكل التمدن شبكة عريقات (stockwork) قاطعة في الصخور التي تعرضت للسلكة وللتغير الشديد (شكل ٢).

وتدل الشواهد الحقلية والدراسات العملية على وجود عدد من أجيال الكوارتز يتراوح ما بين أربعة إلى سبعة أجيال ويصعب في كثير من الأحيان التفريق بين العروق الحاملة للذهب والعروق العقيمة.

أما المعادن الغثة الموجودة، بالإضافة إلى الكوارتز، فهي الكلوريت والفلسبار البوتاسي والكالسيت. ويعتبر الكلوريت أحد نواتج التغير، ويوجد دائماً على حواف

العروق وفي الصخور المضيفة المجاورة لها. أما الفلسبار البوتاسي فيصاحب الأطوار الأولى للتمعدن بعكس الكالسيت الذي يملأ الفجوات في العروق ويمثل مرحلة متأخرة من النشاط التمعدي.

وفي موقع المنجم الجديد أمكن تقسيم التمعدين إلى نطاقين: نطاق خام مؤكسد، ويمتد إلى عمق ١٠٠ م من سطح الأرض، يتميز بوجود مجموعة من المعادن الثانوية، تشمل الملاكيت والكريزوكولا والأزوريت والكوفيليت والهيمايت وغيرها. أما النطاق الثاني فهو نطاق التمعدين الأولي. وفي كل من النطاقين يوجد الذهب والفضة، إما في الصورة الطليقة وإما كمعادن تليدية أكثرها شيوعاً البتزيت (petzite)، والهسيت (hessite). ويوجد الذهب الطليق وتلريدات الذهب على هيئة مكتنفات دقيقة في الكبريتيدات أو كخيوط رفيعة على حواف الحبيبات ونادراً على هيئة حبيبات صغيرة في الكوارتز (Luce *et. al.* 1975 , Worl 1979 , Hakim 1979 , Afifi 1990).

نشأة التمعدين : تفيد الدراسات التي قام بها بعض الباحثين عن نشأة التمعدين وخاصة حكيم, Hakim 1979 بأن التمعدين لا يمكن أن يُعزى مباشرة إلى المحقون الريوليتي تحت السطحي بالرغم من وجود علاقة مكانية وطيدة بين أغنى مناطق التمعدين ومحقون الريوليت. ولكنه يعطي نموذجاً للتمعدن شبيهاً بذلك المؤلف من نوع خامات بوننزا في أمريكا الشمالية، حيث التمعدين من نوع عروق الفلزات النفيسة المصاحبة لمعادن النحاس والزنك والرصاص في مناطق الانضواء (subduction zones) مصاحباً للبركانيات السطحية، أو البركانيات المترسبة في المياه الضحلة، في مناطق جبال الأنديز.

يعتمد النموذج المذكور على مصدر حراري تحت منطقة التمعدين، وهو في هذه الحالة الجسم الجرانيتي الذي ينتمي له محقون الريوليت في منطقة المنجم، حيث يقوم هذا المصدر بإحداث تيارات حمل للماء الأرضي الذي يقوم بغسل البركانيات مما بها من معادن ويصعد بها ليرسبها في الشقوق المفتوحة في الأجزاء العليا من التتابع الصخري.

الرتبة والاحتياطيات : يوضح الجدول التالي الإنتاج السابق من مهد الذهب

بالإضافة إلى الاحتياطي المؤكد ورتبته الحالية . ومنه يتضح أن الاحتياطي المتاح والمؤكد في منطقة المنجم الجديد يبلغ ١, ١ مليون طن بمحتوى متوسط ٢٧ جرام في الطن ذهب ، ٧٣ جرام في الطن فضة ، بالإضافة إلى ٠, ٦٤ % نحاس و ٠, ٥٨ % زنك وآثار من الرصاص . هذا ومن المحتمل أن تتضاعفت تقديرات كمية الخام في الموقع بعد البدء في استغلال المنجم .

محتوى الذهب والفضة في مهد الذهب

الإنتاج والاحتياطي	طن ذهب	طن فضة	ملاحظات
إنتاج القدماء	٣١,٠	٩,٠	تقديرات غير دقيقة
إنتاج مجلس التعدين السعودي (SAMS)	٢٣,٤	٣١,١	من ١٩٣٩ - ١٩٥٤ م
الاحتياطي لمدة عشر سنوات	٢٩,٠	٣٣,٠٠	من ١٩٩٠ - ٢٠٠٠ م
مجموع المحتوى لمنجم مهد الذهب	٨٣,٤	٧٣,١	

٢) الأمار Al-Amar

تقع منطقة تمعدن الأمار على بعد ١٣٠ كيلو متراً غرب جنوب غرب مدينة القويعية على خط عرض ٢٣°٤٧ شمالاً وخط طول ٤٥°٤ شرقاً في شرق الدرع العربي ، في حزام من الصخور البركانية المتوسطة والحمضية التركيب التابعة لمجموعة الأمار (حلبان) والمتطبقة مع صخور رسوبية من أصل بركاني بالإضافة إلى طبقات من الجاسبر أو الصوان (Maclean and Al Shanti 1958) .

هذا ، وقد تأثرت الصخور المضيفة للتمعدن في المنطقة بالتشوه المتمثل بالطي والتصدع والتورق والتمزق العنيف بفعل الحركات البنيوية المختلفة والتي كان آخرها

التصدع بنظام صدوع نجد . كما تحولت صخور المنطقة بفعل التحول الإقليمي إلى سحنة الشست الأخضر .

ويتمثل التمعدن في سلسلة من عروق الكوارتز مكونة شبكة متجهة شمال شمال غرب . وتتكون العروق من الكوارتز الأبيض الذي يظهر التقشر (crustification) ، ويتراوح سمكها من ملليمترات إلى ٥ متر تقريباً . والمعادن الأولية الأساسية الموجودة هي البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت والذهب وقليل من الفضة ، والذهب موجود في جيوب غير منتظمة التوزيع في الموقع (Raguin 1981 و Al - Sari *et. al.* 1982) .

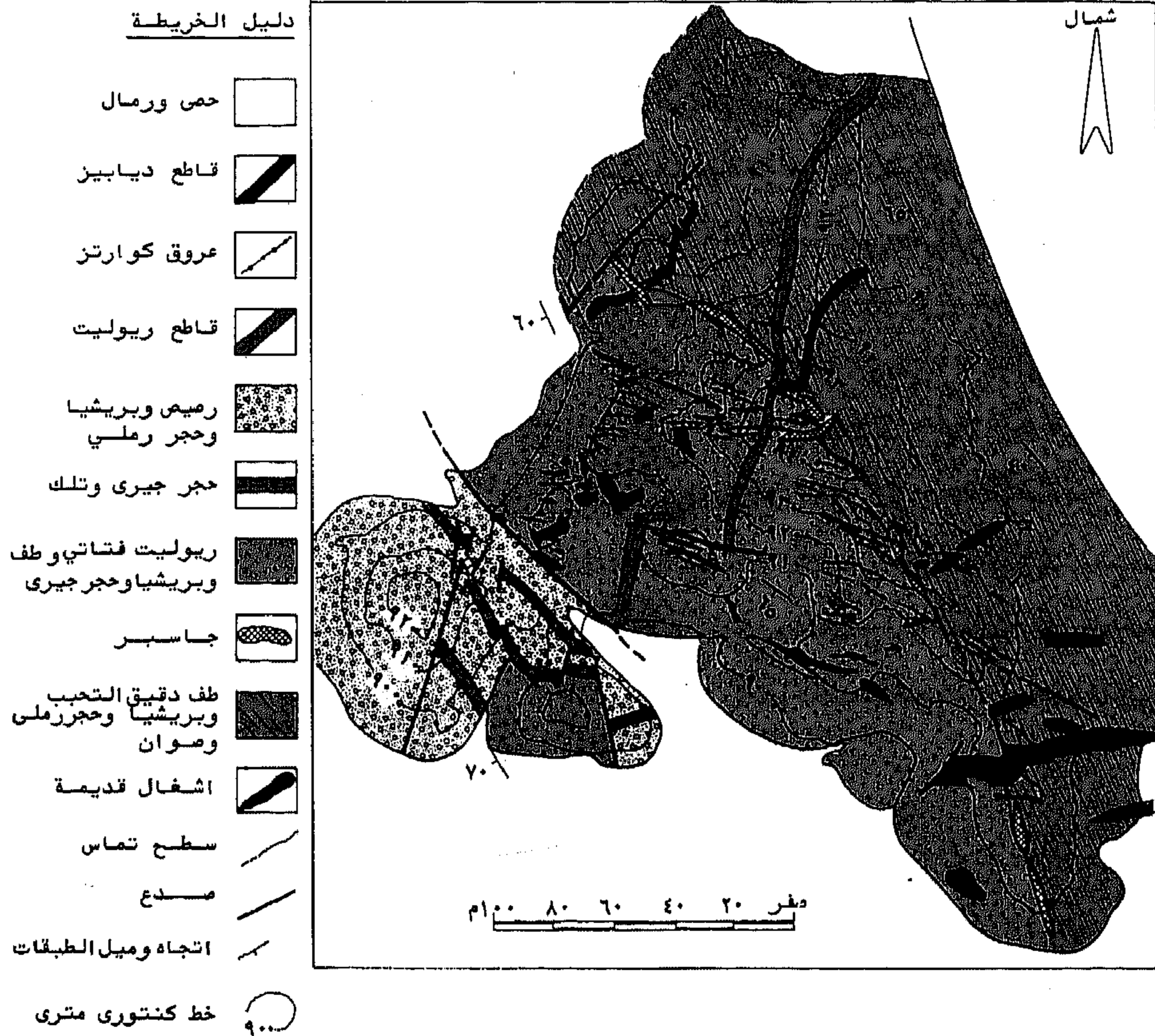
تقدر كمية الخام بحوالي ٦ , ٥ مليون طن تحتوي على ٥٪ زنك و ٧٥ , ٠٪ نحاس و ٩ , ٢ جم/طن ذهب . هذا وقد أظهرت نتائج التنقيب الأخيرة أن هناك امتداد للتمعدن شمال غرب الموقع المذكور للعرق الشمالي ، يعتقد أنه امتداداً له ، وجد أنه يحتوى على احتياطي يقدر بمليون طن تقريباً بنسبة ٢٠ - ٣٠ جم/طن ذهب . [نشرة المديرية العامة للثروة المعدنية رقم (٣)] .

يقطع المنطقة صدعان رئيسان يتجهان ٦٠ غرب الشمال ويتفرعان ويتشعبان في وسط المنطقة وفي غربها إلى نسيج واسع من الشقوق التي تشغلها العريقات المتشابكة من الكوارتز ، التي تحمل معها البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت وبعض معادن الفضة وقليل من الذهب . وتشمل الصخور المضيفة لهذه العروق الريوليت الفتاتي والطّف الريوليتي ، وطبقات من الرخام ، والتلك . هذا وقد استغلت هذه العروق في القديم ، كما تدل على ذلك الحفريات القديمة من آبار رأسية وخنادق طولية وأكوام كثيرة من الخبث وبقايا منازل قديمة .

ويبلغ طول منطقة التمعدن ٢٥٠ متراً وعرضها ١٣٠ متراً ، وتمتد في العمق لمسافة ٢٥٠ متراً وبميل ٧٥° للشمال الغربي (شكل ٣) ، ويبدو أن هناك توزيعاً نطاقياً للتمعدن ، إذ يزداد الكلكوبيريت للشمال والسفاليريت للجنوب . ويتميز التمعدن كذلك بالتطبق (Idris 1988) .

ومع أن تمعدن الأمار يقع في صدوع تابعة لنظام صدوع نجد ، إلا أن هناك ما يدل

على أنه بركاني الأصل (volcanogenic) ربما تكون بصحبة الصخور المضيفة له ومتزامنا معها، حيث إن مجموعة المعادن المكونة له وحتى المعادن ضئيلة المقدار به مثل التلوريدات، شبيهة بالرواسب المعدنية المصاحبة لصخور مجموعة الحليفة في مناطق أخرى من الدرع العربي. بالإضافة إلى ذلك، لوحظ وجود بعض التمعدن في الصخور الرسوبية المتطبقة مثل الجاسبر، في موقع التمعدن وكذلك في الصخور الجيرية المتحولة إلى تلك (Delfour 1982).



شكل (٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الأمار . معدلة من (Delfour 1983).

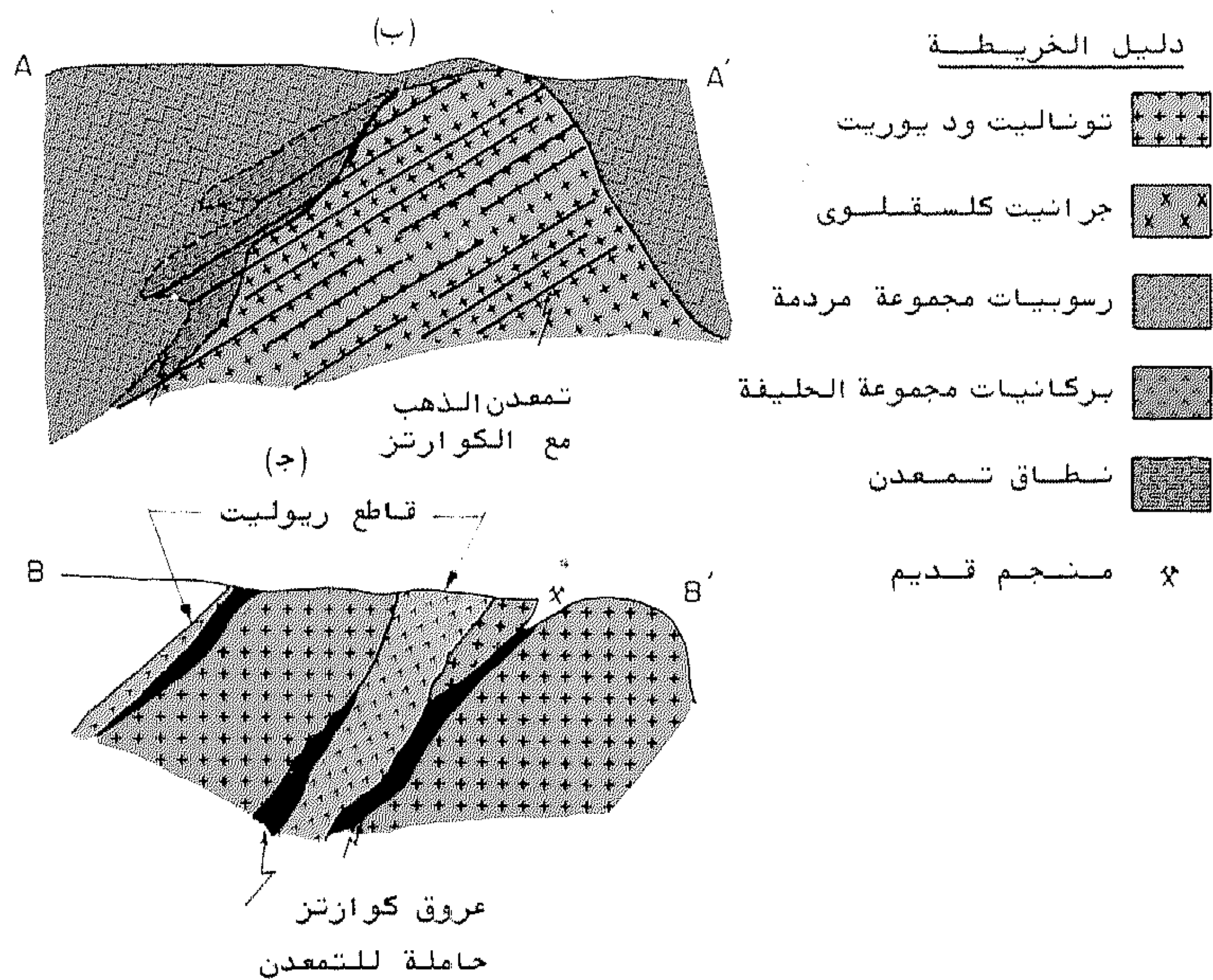
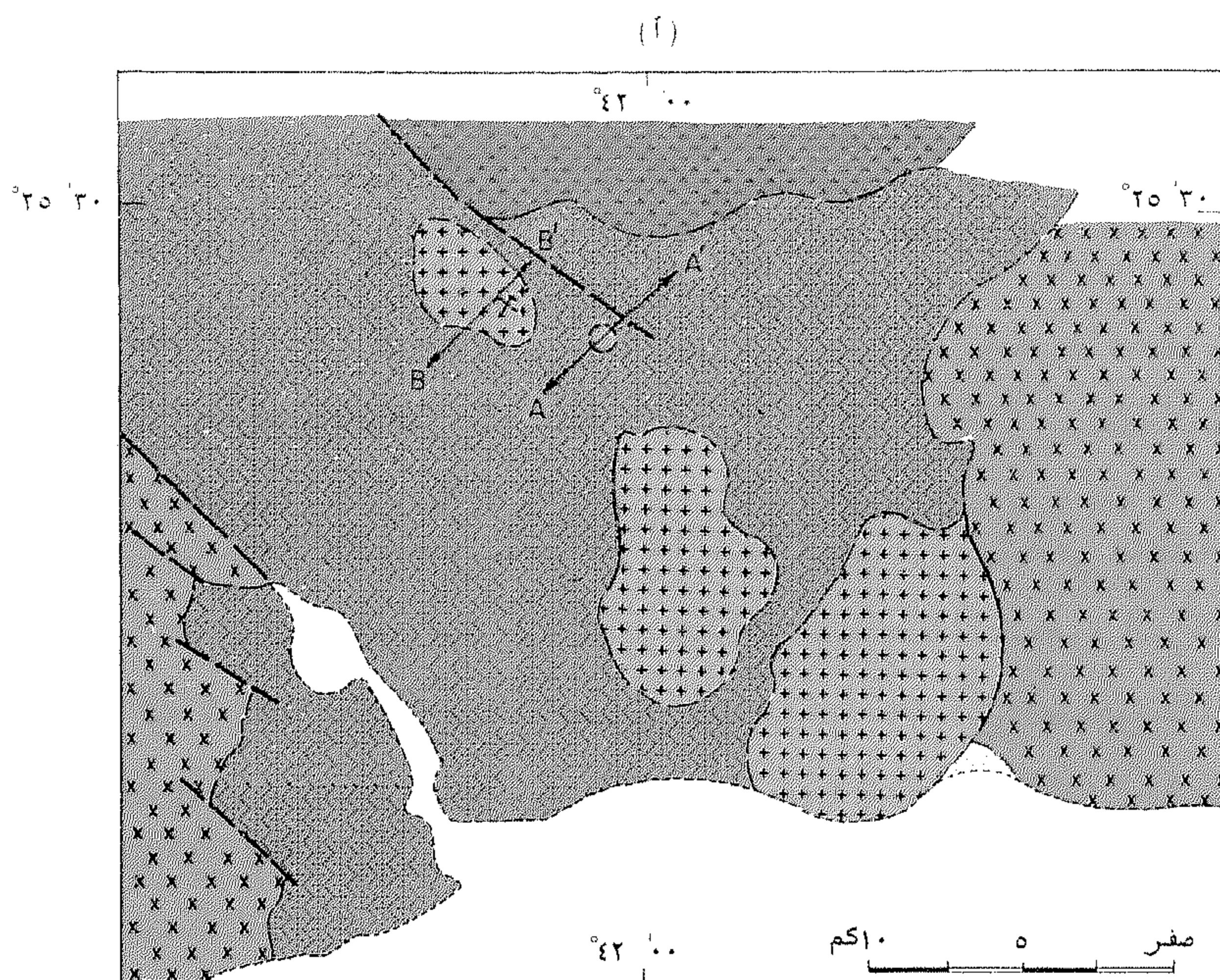
٣) الصخيرات As-Sukhaybarat

تقع المناجم القديمة للصخيرات على بعد ٣٠ كم جنوب طريق المدينة بريدة السريع، في منتصف المسافة بينهما، وعلى بعد ٥٠ كم جنوب شرق بلدة النقرة، على خط طول ٣٥° ٢٥ شمالاً وخط عرض ١٥° ٤١ شرقاً تقريباً، وتبعد عن مدينة جدة مسافة ٧٥٠ كم.

الجيولوجيا والتمعدن : تتبع صخور منطقة الصخيرات مجموعة مردمة الفتاتية والمشتقة من صخور بركانية وفتاتية بركانية من الأنديزيت والداسيت المتحولة إلى سحنة الشست الأخضر والتي تأثرت بالطي والتشوه مكونة أحزمة طولية باتجاه شمال شرق. اخترقت أجسام محقونات الديوريت والتوناليت صخور هذه المجموعة بشكل واسع. تبع ذلك تكوين شبكة من عروق الكوارتز مخترقة لهذه المحقونات يصاحبها تمعدن الذهب (شكل ٤). يوجد الذهب منبثاً في صخر التوناليت في الموقع الشرقي على شكل رقائق دقيقة من الذهب الحر على حواف بلورات معدن الأريزونيبريت والشقوق الداخلية له، في عروق الكوارتز وحواف هذه العروق. هذا ويمكن اعتبار ضوابط التمدن تركيبية، مع أن هناك علاقة إلى حد ما مع الصخر المضيف. يلاحظ في كثير من الأحيان أن التمدن يزداد وجوده على أطراف المحقون التوناليتي وبالقرب من حد التماس مع الصخور المضيئة من مجموعة مردمة، ومن المحتمل أن يكون ذلك بسبب سهولة ترسيب التمدن في الفراغات الحافية على أطراف المحقون والناشئة من عملية الحقن في الصخور المضيئة. هذا ويتركز التمدن في الجزء السطحي من المحقون إلى عمق حوالي مئة متر من السطح فقط.

أما المعادن المصاحبة للذهب فهي البيريت والبروتيت والأريزونيبريت والكلكوبيريت فيعتقد بأنها تكونت في مرحلة لاحقة لتبلر ونشأة المحقون الجوفي. أما البروتيت والأريزونيبريت فقد لوحظ وجودهما كمعادن أولية في صخر التوناليت والديوريت الجوفي.

هذا وبعد دراسات جيولوجية وجيوكيميائية وأعمال تنقيب وحفر ماسي واسع على هذه المنطقة، أمكن التأكد من وجود ٨,٤ مليون طن من الخام يحتوي على ٢,٥



شكل (٤) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الصخوريات .

ب - مقطع جيولوجي في الصخور الشرقية

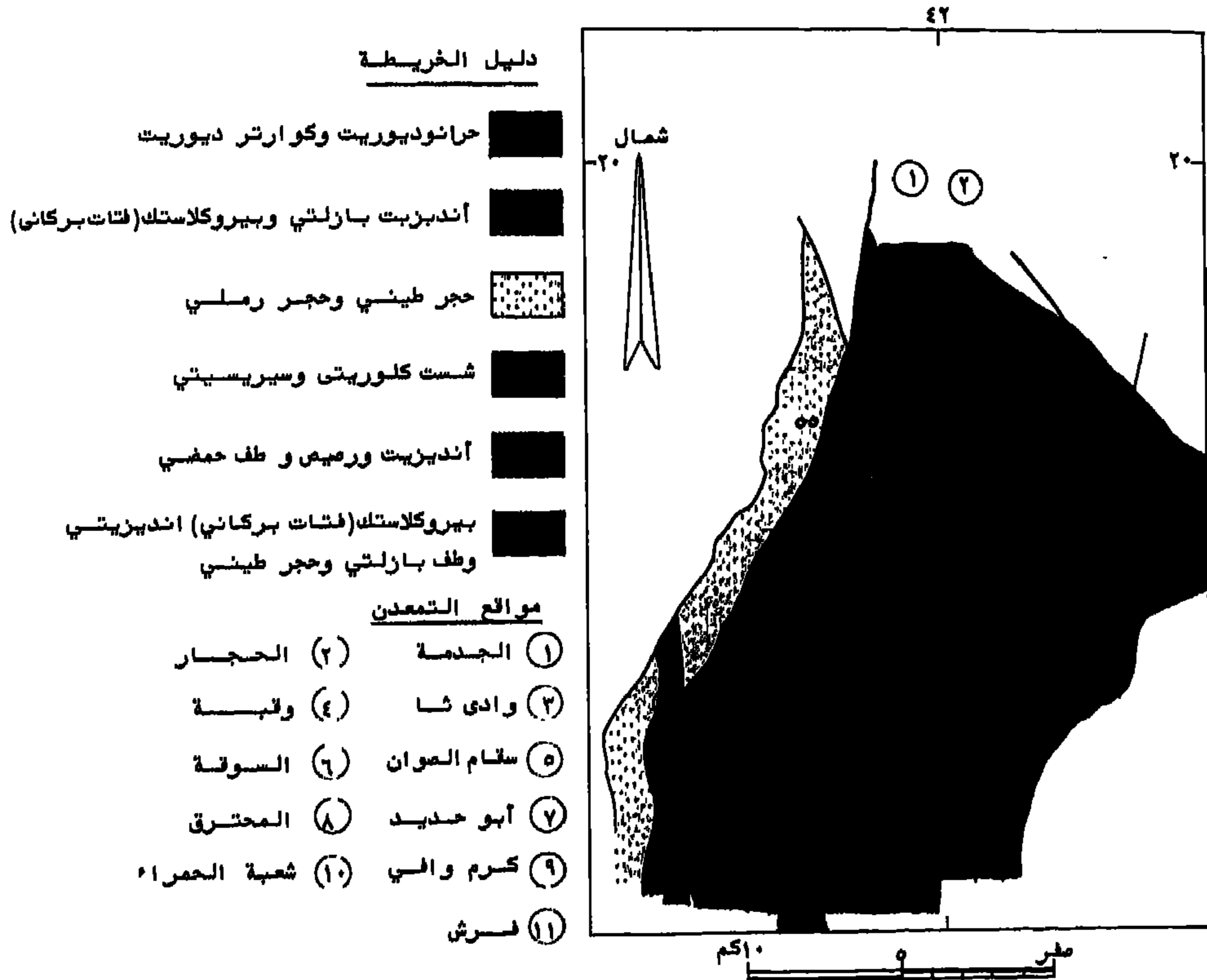
ج - مقطع جيولوجي في الصخور الغربية .

تقرير (1989) Petromin - Boliden

جم/ طن ذهب . ونظرا لسهولة التعدين بطريقة المحاجر السطحية ، ولسهولة معالجته وتحرير الذهب من الخام عن طريق الغسل بالسيانيد ولاارتفاع أسعار الذهب في الوقت الحاضر (٣٧٠ دولار أمريكي للأوقية) ، اعتبر هذا التمعدن اقتصاديا وقد بدأ تعدينه في الثلث الأول من عام ١٩٩١ م (Petromin Boliden 1986) .

٤) الحجر Al-Hajar

يقع على بعد ٣٥٠ كم جنوب جدة و ٦٥ كم للغرب من بيشة في منطقة وادي شواص وهو أحد مواقع تمعدن مشابهة للكبريتيدات المصاحبة للصخور البركانية أو البركانية الفتاتية ، يبلغ عددها حوالي عشرين موقعا في حزام من الصخور البركانية والرسوبية يمتد شمالا وما بين خطي طول ٤٠°١٩ و ٤٠°٢٠ (شكل ٥) (Greenwood *et. al.* 1986) .



شكل (٥) خريطة جيولوجية عامة لمنطقة وادي شواص تبين مواقع التمعدين المختلفة . معدلة من Fujii an kato (1979) .

أما الصخور المضيفة للتمعدن فهي الصخور البركانية الفلسية من الريوليت والدااسيت الريوليتي المحقون بالديوريت والمتحولة إلى سحنة الشست الأخضر التي تتبع صخور مجموعة جدة. تتميز الصخور البركانية بتهشمها الشديد في موقع التمدن وكذلك بشدة تعرضها للتحلات والتعرية. كما ويتطبق معها عدد من عدسات الصخور الجيرية والجاسبر (Fujii *et al.* 1973). يقطع هذه الصخور صدوع في الاتجاهات شمال ٣٠° ٥٠° غرباً ، وشمال ٢٠° شرقاً ، وشرق غرب ، كما يقطعها عدد من الجدد الفلسية والقاعدية.

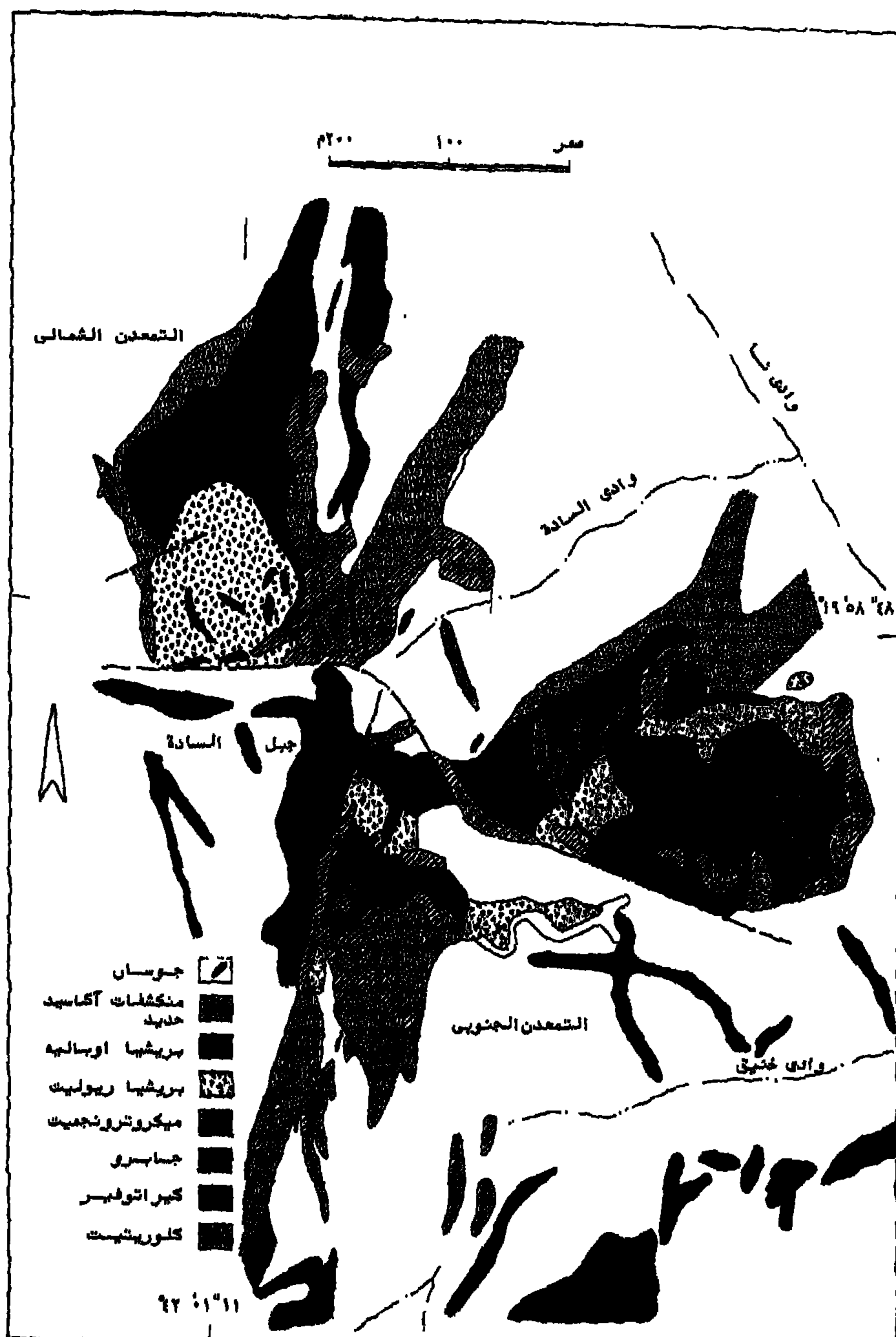
تتميز مواقع التمدن في الحجار بشدة تعرضها للأكسدة والتحول ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنطقة مؤكسدة: أ - نطاق بريشيا الريوليت. ب - نطاق البريشيا الأوبالية. ج - نطاق الجوسان (شكل ٦). هذا ويصل عمق التأكسد إلى حوالي ٧٠ متراً من السطح (Viland *et al.* 1987).

ويتركز التمدن في الصخور البركانية الفلسية ، وهو من النوع البركاني الزفيري (volcanic exhalative) ويشتمل على الكبريتيدات متعددة الفلزات ، وأهمها النحاس والزنك ، المصاحبة للذهب والفضة.

وقد وجد أن أعلى نسبة لوجود الذهب ، هي في أنطقة التأكسد السطحية والمكونة حالياً من صخر سيليسي هيماتيتي ، يعتقد كوتارد وزملاؤه (Cottard *et al.* 1989) أنها تكونت بفعل الغسل بالأحماض (acid leaching) والتغير السطحي الأصل (supergene alteration) لنطاق البيريت الكتلي والمنتشور الذي يحتوي على إثراءات محلية من السفاليريت والكلكوبيريت والماجنيتيت والتتراهيدريت مع قليل من التيلوريدات والذهب.

التمعدن الأولى تحت المنطقة المؤكسدة ، يحتوي على معادن البيريت الكتلي والمنتشور والبيروتيت والأرزينوبيريت المصاحبة لمعادن الكلكوبيريت والماجنيتيت والسفاليريت والجالينا والتتراهيدريت والتيلوريدات ونسبة ضئيلة جداً من الذهب.

هذا ويعتقد بأن وجود الذهب في المنطقة المؤكسدة يعود إلى العمليات الكيميائية التي تتولى إزاحة المعادن الغثة والكبريتيدات وتركيز الذهب في المنطقة المؤكسدة.



شكل (٦) أ - خريطة جيولوجية توضح موقع تمعدن الحجار - وادي شواص . معدلة من Fujii *et. al* (1973)

يعتمد ذلك على عدة عوامل مختلفة ، نذكر منها نوع الصخر ، ونوع المحاليل الحرمائية ، ودرجة تشقق الصخر ، ونوع الكبريتيدات الموجودة ، ومستوى سطح الماء ، وغير ذلك من العوامل .

وتكمن أهمية هذا الموقع الاقتصادية حاليا على احتوائه للذهب في المنطقة المؤكسدة . ويوجد الذهب على شكل طليق دقيق التحب ملتصقا بحبيبات السيليكات وأكاسيد الحديد وخلاف ذلك .

هذا ويقدر الاحتياطي في الموقع بحوالي خمسة ملايين طن تحتوي على ٦ جم/ طن ذهب .

٥) أم مطيرة ، أم مطيرة Matierah , Um Matierah

تقع منطقة أم مطيرة عند تقاطع خط عرض ٢٥° ٣١' شمالا مع ٣٠° ٤٣' شرقا (شكل ١)، على مسافة حوالي ٤٥٠ كم إلى الشرق من جدة مباشرة، في الطرف الشمالي لما يسمى حزام تمعدن الذهب «جبل أشماس - وادي تثليث» حيث يتقاطع درز نبيطة (Nabitah suture) مع صدوع نجد الضاربة باتجاه الشمال الغربي (شكل ٧) .

ويضم حزام جبل أشماس - وادي تثليث أكثر من ٤٠ موقعا قديما للتمعدن ، وجميعها توجد ضمن صخور مجموعة حلبان البركانية والبركانية الفتاتية ، وصخور مجموعة مردمة الفتاتية الرسوبية والبركانية المتحولتان . يخترق هذه الصخور المضيفة قباب من النيس الديوريتي . توجد العروق الحاملة للذهب في الجزء الشمالي من حزام التمعدن عند تقاطع الصدوع الرئيسة التابعة لنظام نجد (شمال غرب) ونظام نبيطة (شمال - جنوب) ، حيث توجد العروق الضاربة شمالا والحاملة للذهب مقطوعة بعروق ضاربة تجاه الشمال الغربي وخالية من التمعدن (Greene 1982) .

وفي منطقة أم مطيرة (شكل ٧) توجد العروق الحاملة للذهب قاطعة لصخور متكون عرفان التابع لمجموعة مردمة ، والذي يضم تتابعا متكررا من الفيوض البركانية والصخور البركانية الفتاتية ، التي يغلب عليها التركيب البازلتى والأنديزيتي مع قليل من الريوليت والداسيت ، بالإضافة إلى بعض طبقات من الحجر الرملى والرصاص . تتوزع الحفر القديمة بالمنطقة على أربعة عروق كوارتز متوازية ، تضرب كلها باتجاه ١٥°

إلى الشرق من الشمال . ويدل توزيع هذه الحفر القديمة وكذلك نتائج الحفر اللبي الماسي الحديث على امتداد التمدن في العرق الرئيس لمسافة ٤٠٠ م . تشغل عروق الكوارتز صدوعا وفواصل مفتوحة ذات حواف حادة . يبلغ متوسط سمك العرق الرئيس ٧٥ ، ٠ م ، وقد يصل الى ٣ ، ١ م في بعض المواقع (Smith *et al.* 1984 و Smith and Samater 1985) .

يوجد تمعدن الذهب منشورا في الكوارتز الأبيض المكون للعروق ، ويلاحظ هنا غياب الكبريتيدات من عروق الكوارتز بصفة عامة واقتصار وجودها على مناطق التغير المحيطة بالعروق حيث يتراوح محتواها بين ٠.٥ و ٧٪ كبريتيدات .

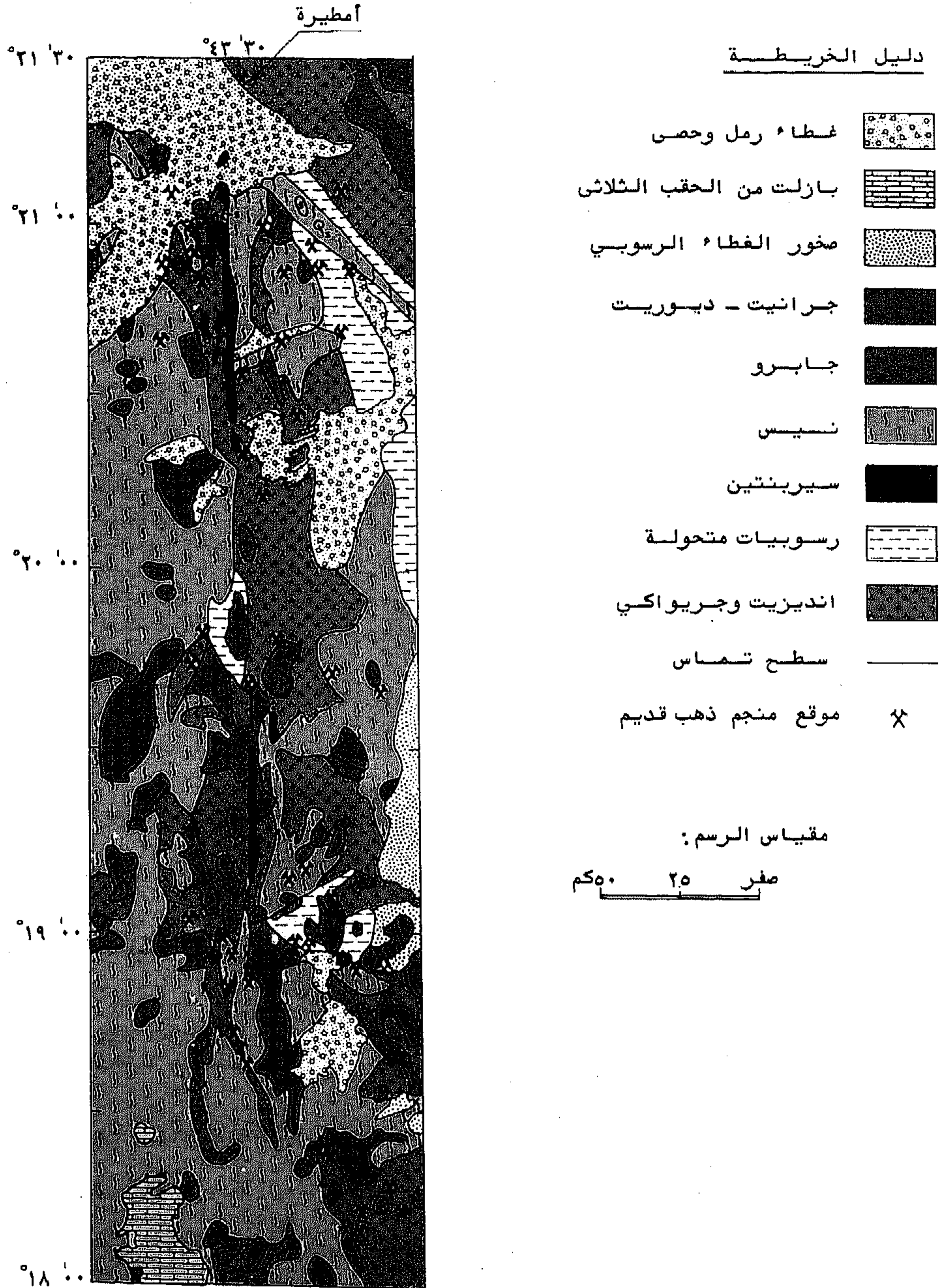
يبلغ التغير في الصخور المضيفة ، الذي عادة ما يكون مصاحبا للتمعدن ، درجة كبيرة عند حائط القدم عنه في الحائط المعلق (٦ ، ١ م في حائط القدم وأقل من متر واحد في الحائط المعلق) . يتمثل هذا التغير بإدخال السيليكا والبيريت والأرزينوبيريت ، كما يلاحظ أن أعلى محتويات الذهب في العروق تتلازم مع أعلى تركيز للكبريتيدات في الصخور المضيفة (Last and Oskoui 1983) .

يقدر احتياطي الخام في أمطيرة بحوالي ٣٠٠ ، ٠٠٠ طن من الخام المحتوي على ٧ ، ٣ جرام / طن ذهب ، مع غياب أي تركيزات مهمة للفضة .

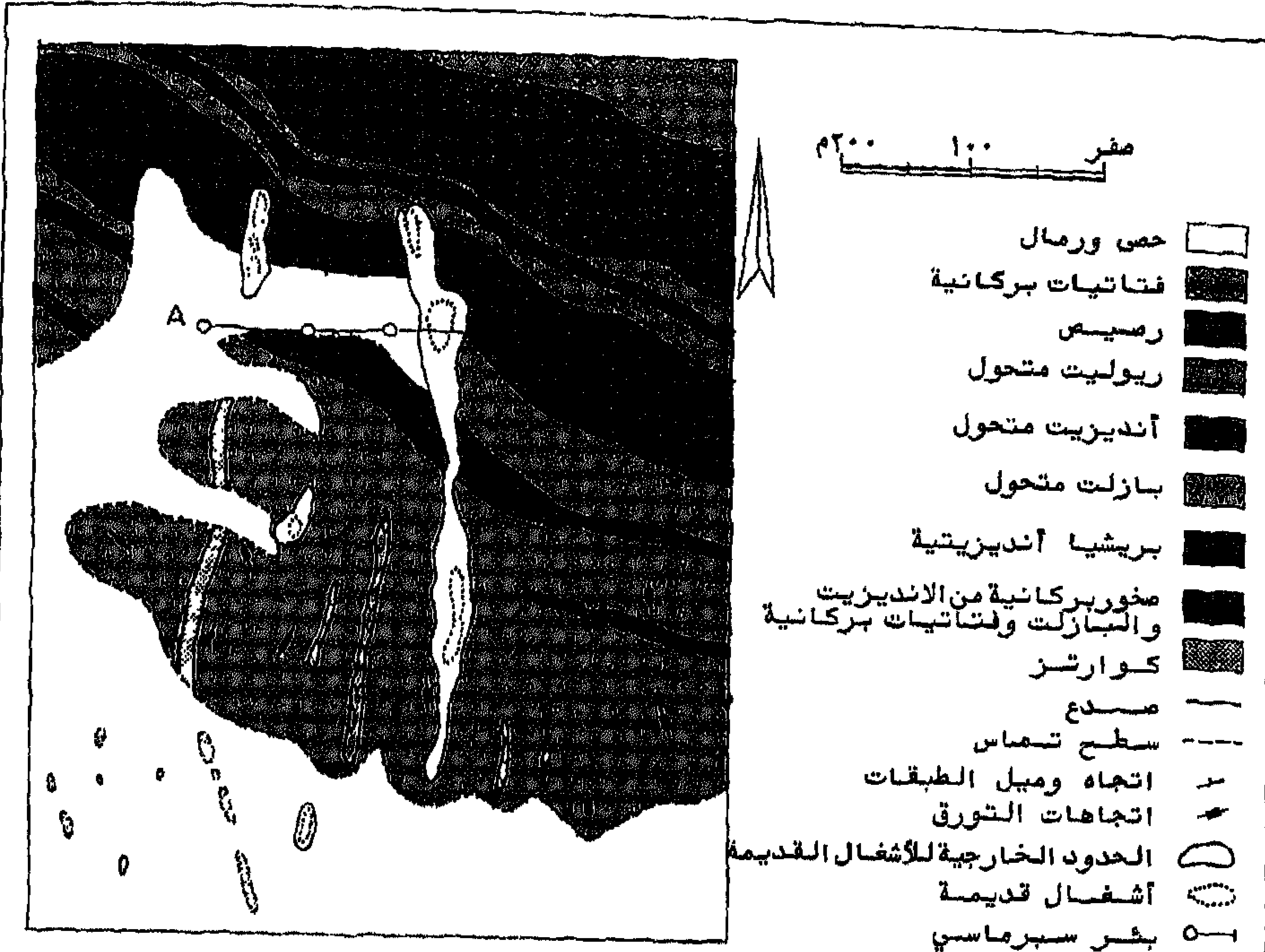
الفضة (Ag) Silver

عُرفت الفضة منذ آلاف السنين في مناطق الحضارات القديمة حول البحر الأبيض المتوسط ، وزادت الكمية المتاحة منها وكذلك أوجه استخداماتها زيادة كبيرة باكتشاف الدنيا الجديدة ، حيث نقلت كميات هائلة منها من بيرو وبوليفيا والمكسيك إلى دول العالم الأخرى .

وقد بلغ إنتاج العالم من الفضة حوالي ٣٠٠ مليون أوقية (١٩٨٠ م) وكانت أهم الدول المنتجة لها هي الاتحاد السوفيتي (٨ ، ١٣٪) وكندا (٥ ، ١٣٪) والمكسيك (١٣٪) . وبيرو (١٣٪) والولايات المتحدة الأمريكية (١١٪) .



شكل (٧) أ - خريطة جيولوجية توضح مواقع المناجم القديمة لتمعدن الذهب في حزام جبل إشماس - وادي تثليث في درز نبيطة . لاحظ موقع منجم أمطيرة في شمال الخريطة . معدلة من worl (١٩٧٩) .



(أ)



(ب)

شكل (٧)

ب - خريطة جيولوجية لموقع تـمـعـدـن الـذـهـب في أمطير .
ج - قطاع جيولوجي عبر التـمـعـدـن مـمـثـلـا بـثـلـاثـة آبار . مـعـدـلـة مـن
Hacket (1982) , Greene (1982)

ويأتي معظم إنتاج العالم من الفضة من خامات تكون الفضة فيها منتجاً جانبياً ،
فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية كان نمط الإنتاج على النحو التالي :

٣٨٪ من خامات فضة ، ٢٩٪ من خامات نحاس ، ٢١٪ من خامات زنك -
رصاص - نحاس ، ٨٪ من خامات رصاص ، ٢٪ من خامات زنك و ٢٪ من خامات
ذهب

وأهم معادن الفضة ونسبة وجودها بها هي :

فضة ١٠٠ ٪	Ag	native silver	فضة طليقة
٨٧,١ ٪ فضة	Ag ₂ S	argentite	أرجنتيت
٧٥,٣ ٪ فضة	Ag Cl	cerargyrite	سيرارجيريت
٨٠,٣ ٪ فضة	Ag ₁₆ Sb ₂ S ₁₁	polybasite	بوليباسيت
٦٥,٤ ٪ فضة	Ag ₃ As S ₃	proustite	بروستيت
٥٩,٩ ٪ فضة	Ag ₃ Sb S ₃	pyrargyrite	بيرارجيريت

والمعادن الغثة المصاحبة هي عادة الكوارتز والكالسيت والدولوميت
والرودوكروسييت .

ويعتمد استغلال رواسب الفضة على عوامل كثيرة، ففي الرواسب التي تكون
الفضة فيها هي الفلز الرئيس تتراوح النسبة الاقتصادية لها بين ٤ و ١٠ أوقية في كل طن
من الخام .

خواص الفضة الطبيعية تجعلها ضرورية في الكثير من الصناعات، فهي قابلة
للطرق، وشديدة الليونة، وتتميز بأعلى درجات التوصيل للحرارة والكهرباء،
ومركباتها شديدة الحساسية للضوء، بالإضافة إلى صعوبة تأكسدها في الماء والهواء،
لذا فالفضة شائعة الاستعمال في العملة والحلي (١٥٪ من الإنتاج)، وإن كان
استعمالها في الطلاء بالفضة وتجهيز أفلام وأوراق التصوير وصناعة الدوائر الإلكترونية
المطبوعة وغيرها هو المستهلك الأساسي للكميات المنتجة منها .

تتكون معظم رواسب الفضة كرواسب حشو في العروق الحرمائية، أو نتيجة الاستبدال الميتاسوماتي في مناطق التماس، كما أن بعضها الآخر قد يتكون في نطاقات الإثراء التالي للكبريتيدات. وكما سبق القول، يأتي معظم إنتاج العالم من الفضة من الرواسب التي تعطي الفضة كنتاج جانبي، ومن أهمها رواسب الكبريتيدات الكتلية (من نوع كوروكو وسوليفان مثلاً)، والرواسب الإحلاية للرصاص والزنك في الصخور الجيرية (من نوع مسيسيبي)، ورواسب النحاس المتطبقة الرسوبية (كوبرشيفر مثلاً)، ومع رواسب النحاس الطليق (رواسب بحيرة ميتشجن) وغيرها.

تتوزع رواسب الفضة في مناطق عديدة من العالم، لكن معظمها يتركز في غرب القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية حيث توجد عروقها قاطعة في الصخور البركانية والفتاتية البركانية المرتبطة بعمليات الانضواء.

الفضة في المملكة العربية السعودية :

يرجع الفضل الأول في اكتشاف الفضة في صخور الدرع العربي، كما هي الحال للمعادن الأخرى مثل الذهب والنحاس والرصاص، إلى القدماء الذين تركوا وراءهم ماثات المناجم ومواقع التمدن التي استغلوها أو اختبروها وتركوا آثارهم بها.

عندما نتكلم عن معادن الفضة فإننا نتكلم عن وجودها كفلز رئيس أو كمنتج جانبي ملازم لفلزات أخرى في بعض مناطق الدرع العربي. وأهم المناطق الحاوية لتمعدن الفضة بهذا المفهوم هي منطقة الدوادمي حيث توجد معادن الفضة مع كبريتيدات الرصاص (جالينا) وكبريتيدات الزنك (سفاليريت) والنحاس والحديد في عروق تحتل صدوعاً تمزقية وتمددية (shear and tension faults) وتشققات في منطقة تمتد بطول خمسة وعشرين كيلو متراً في اتجاه الشمال جنوب، ويبلغ عرضها حوالي عشرة كيلو مترات. هذا وقد استغل الأقدمون هذه المواقع وأجروا عليها دراسات كثيرة في العصرين الأموي والعباسي كما دلت على ذلك نتائج تحديد العمر بالكربون - ١٤، وكذلك بقايا الزجاج والفخار في قراهم القديمة. أهم المناجم القديمة في منطقة الدوادمي هو منجم سمرة (Al Shanti 1976 , Kiilsgaard 1968).

توجد معادن الفضة كذلك بكميات أقل في مناجم مهد الذهب والنقرة وجبل

صايد ومنطقة وادي بيده والأمار (شكل ١) . كما توجد كذلك في الخدمة والزهرة ومنجم السوت . وجميع هذه المواقع مناجم قديمة استغلها القدماء لفلزات الذهب أو الفضة أو النحاس أو الرصاص أو اثنين أو أكثر من هذه الفلزات .

وفيما يلي سنعرض لأهم موقع لتمعدن الفضة بالمملكة ، في منطقة الدوادمي ، ثم نستعرض منطقة النقرة ، حيث توجد الفضة كفلز ثانوي الأهمية ، بصحبة فلزات أخرى .

(١) منطقة الدوادمي Ad-Dawadimi

تقع مدينة الدوادمي على بعد حوالي ٧٥٠ كيلو مترا شرق شمال شرق مدينة جدة ، و ٣٢٠ كيلو مترا غرب جنوب غرب مدينة الرياض على الطريق العام القديم الذي يربط ما بين الرياض وجدة . وتقع المنطقة على الحافة الشرقية للدرع العربي ، على الحد مع صخور الغطاء الرسوبي لعصر الباليوزوي . وتقع مدينة الدوادمي في منتصف المنطقة المتمعدنة .

جيولوجية المنطقة :

يغطي باثوليث الدوادمي الجرانيتي ٨٠٪ من المنطقة ، ويتكون من ثلاثة أنواع من الصخور الجرانيتية : الأول منها وهو الأقدم متغاير الخواص غير متجانس وغني بمكتنفات من الصخور القديمة ، أما الجرانيت الثاني فهو من النوع الرمادي ، متساوي الحبيبات ، ومتجانس ، وأحدث عمرا من الأول . أما النوع الثالث فيوجد على شكل أجسام منفردة صغيرة نسبيا محقونا في النوعين الأولين ، وهو قلوي أو كلسي قلوي يميل إلى اللون الأحمر ، ويحتوي أحيانا على بلورات كبيرة من الفلسبار البوتاسي الأحمر ، ويتميز هذا النوع بأن الجزء الخارجي منه الملامس للصخور المضيفة دقيق الحبيبات مبرد (chilled) مما يدل على أنه أحدث منها . بالمنطقة معقدان قاعديان متطبقان هما الجعلاني (Al-Jilani) ، ويقع جنوب غرب مدينة الدوادمي ويغطي حوالي ٥٠ كم^٢ . والمعقد الثاني على الطرف الشرقي لبلدة عرجا في شمال الدوادمي ، ويغطي حوالي ٩ كم^٢ ، يعتقد أن امتداد بلدة عرجا قد غطى كامل هذا الجسم حديثا . شكل المعقدان بيضى ويتكونان من طبقات قاعدية تميل إلى الداخل .

تتكشف في الجزء الشمالي والجزء الجنوبي الشرقي لمنطقة التمعدن أحزمة من صخور مجموعة العرض (Urd group) التي تشتمل على متكونين الأسفل منهما، متكون الردينية، يحتوي الأعلى وهو متكون العبط (Abt formation)، على صخور طينية وشبه طينية متحولة إلى شست الكلوريت - سريسيت، وشست الكوارتز سريسيت والجريواكي المتحول، والمتكونان مغطيان لا توافقيًا من الشرق بصخور الأوردوفيشي الرسوبية.

وتتميز منطقة الدوادمي بوجود عدة نظم من الكسور والصدوع لعبت دورا مهما في استضافة شبكة القواطع الصخرية وعروق تمعدن الرصاص والزنك والفضة بالمنطقة.

بدأت الظواهر الجيولوجية في المنطقة، بالترسيب في حوض بحري على الأرجح. ثم تعاقبت عليها محقونات عديدة من الصخر، القاعدية والجرانيتية خلال حقبة طويلة من الزمن. وكان حقن الصخور القاعدية الممثلة حاليا بالعدسات والمكتنفات والصخور الهجينة (hybrid rocks) والمعقدات البيضية القاعدية (الجعلاني وعرجا) هو الحدث الأقدم، أما حقن الصخور الجرانيتية فبدأ بتدخل الصخور الجرانيتية البورفيرية غير المتجانسة، ثم تبع ذلك تدخل الجرانيت الرمادي المتماثل، في المراحل النهائية لحقبة الحجاز التكتونية. وكان تأثير الحقبة التكتونية التالية، قاصرا على تكوين نظام صدوع لجد الشهيرة وما صاحبها من نشاط جوفي (Brown 1972). وتتميز هذه الدورة بتكون صخور الجرانيت القلوية وحدث الصدوع والتشققات الثانوية في المنطقة، بالإضافة إلى تدخلات الجدد القاطعة المختلفة الاتجاه والتركيب. ويشغل تمعدن الزنك - الرصاص - الفضة بعضا من هذه التشققات الثانوية.

يبلغ طول منطقة تمعدن الفضة في الدوادمي حوالي ٢٥ كيلو مترا وعرضها حوالي ١٠ كيلو مترات، وتتميز بوجودها في صخور الجرانيت ضمن حزام يمتد من الشمال إلى الجنوب في الجزء الأوسط من الباثوليث. وهناك حوالي ١٥٠ موقع تمعدن كشفه الأقدمون بالمنطقة.

ومواقع التمعدن هذه عبارة عن خنادق طويلة متهدمة يتراوح عمقها بين متر واحد وستة أمتار، ويبدو أن قليلا من هذه المواقع قد استغل كمناجم في السابق، حيث

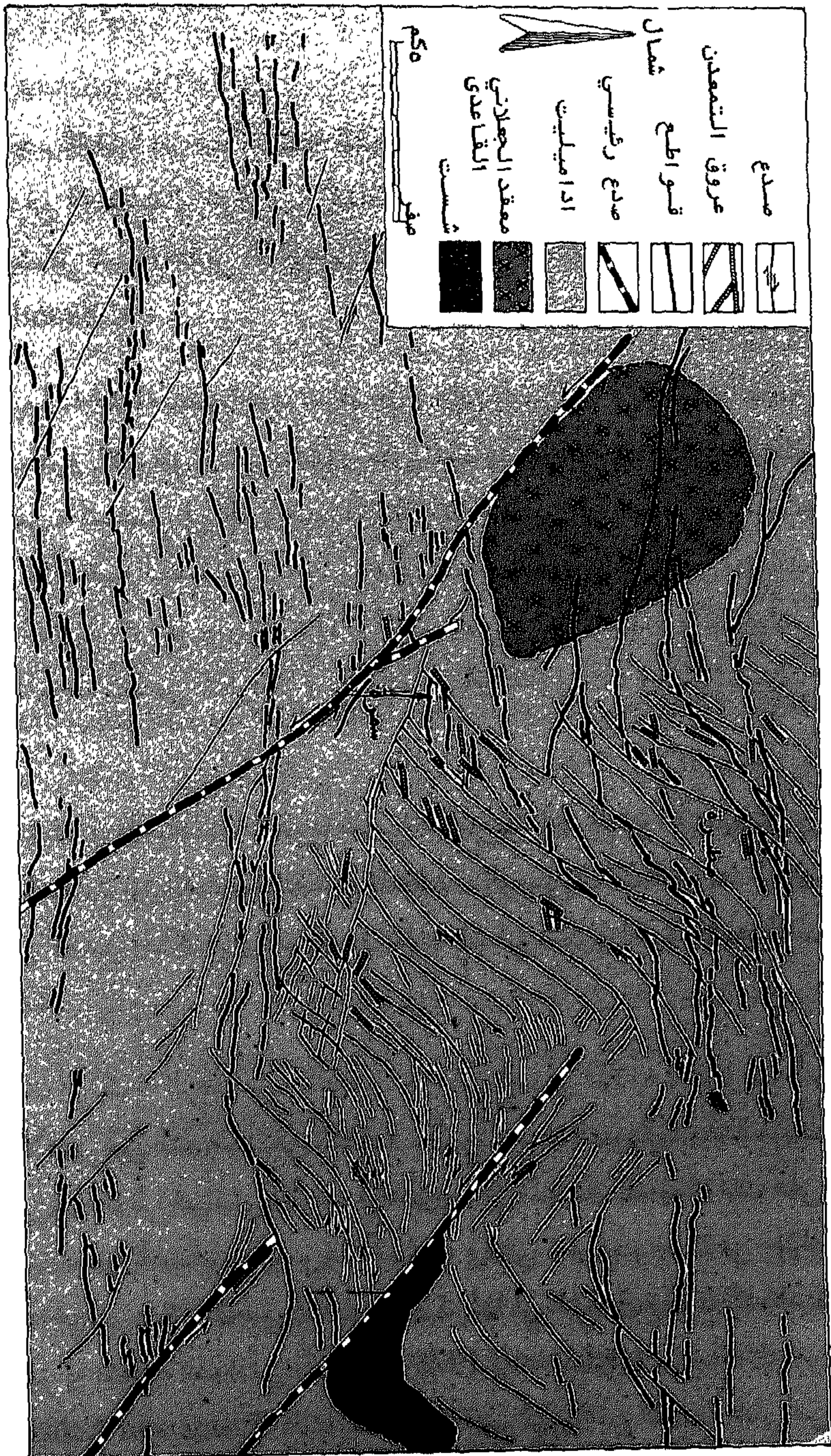
بلغت أعماق بعض الآبار فيها ٧٠ متراً مع وجود أنفاق تحت سطح الأرض تصل ما بين هذه الآبار .

وجميع المناجم القديمة موجودة ضمن شقوق تحكمت في التمعدن ، تتجه هذه الشقوق في الغالب في اتجاه شمال شرق ، بالإضافة إلى وجود التمعدن في شقوق تتجه شرق - غرب . ويشكل تقاطع هذين الاتجاهين للشقوق في العادة مراكز تمعدن هامة (شكل ٨) (Al Shanti 1976) .

وتتميز العروق الحاملة للفضة بتهشم صخور الجدران . كما أن معادن الفضة المصاحبة لعروق المرو الأبيض أو الرمادي وبعض كبريتيدات الرصاص والزنك والحديد والنحاس ، تتمثل في البوليبيزيت والأرجنتيت والبايرارجيريت والتتراهيدريت ، والفضة الطليقة ، والستروميريت مع كميات قليلة من المعادن الأخرى ، مثل المجنيتيت ، والهيماتيت ، والأرزينوبيريت ، والبيروتيت ، والمليريت . أما المعادن الغثة الموجودة فهي الكوارتز ، والكالسيت والكلوريت ، والسرينسيت ، والإبيدوت .

لوحظ أن الشقوق المتمعدنة موجودة ضمن الباثوليث الجرانيتي الذي يحتوي على العديد من المكتنفات من الصخور القديمة القاعدية والرسوبية ، كما توجد عروق التمعدن كذلك في صخور متكون الردينية ، وقلما توجد في متكون العبط المتحولة . (Al Shanti 1976) .

ويعتبر تمعدن الزنك - الرصاص - الفضة الحرماثي العرقي الملازم للشقوق أحد نوعين مختلفي الأصل من التمعدن في المنطقة . ففي تمعدن العروق ، يعتقد بأن المحاليل الناتجة عن المحقون الجرانيتي الأخير (القلوي) في المنطقة ، قد ساعدت على تركيز عناصر الفلزات من الصخور الرسوبية القديمة ، والتي كانت موجودة في حزام يمتد شمالاً جنوباً ، خلال حركة التجبل الأخيرة ، وركزتها في الشقوق مكونة التمعدن العرقي الذي تتميز به منطقة الدوادمي بأكملها (Al Shanti 1976) ، وقد أيد إلزاس وأشارد (Elsass and Achard 1983) ذلك بعد اكتشافهم لنسبة من الفضة أعلى من المعتاد في صخور شست متكون عبط .



شكل (٨) خريطة جيو لوجيستية تركييبة عامة لمواقع تجمع مدن افغضة في الدوادسي . معدلة من Al Shanti (1976).

أما النوع الثاني من التمعدن فهو أساساً تمعدن للزنك متطبق ضمن الصخور الجيرية لتكون الردينية نناقشه عند دراسة موقع تمعدن الردينية أحد رواسب الزنك في الدرع العربي .

بعد ترسب المعادن في التشققات عانت هذه المعادن من التشوهات بفعل الحركات الأرضية الأخيرة ، وبالتالي أعيد ترسيب بعضها جزئياً ، وتعقدت أنسجة المعادن . وتبين منطقة التشققات تغيراً حرامائياً لصخور الجدران ، يتراوح عرضه ما بين ١٥ : ٥٠ متراً . وعادة ما تكون تعرقات الكوارتز شبكة متداخلة بصحبتها معادن الكلوريت والكالسيت .

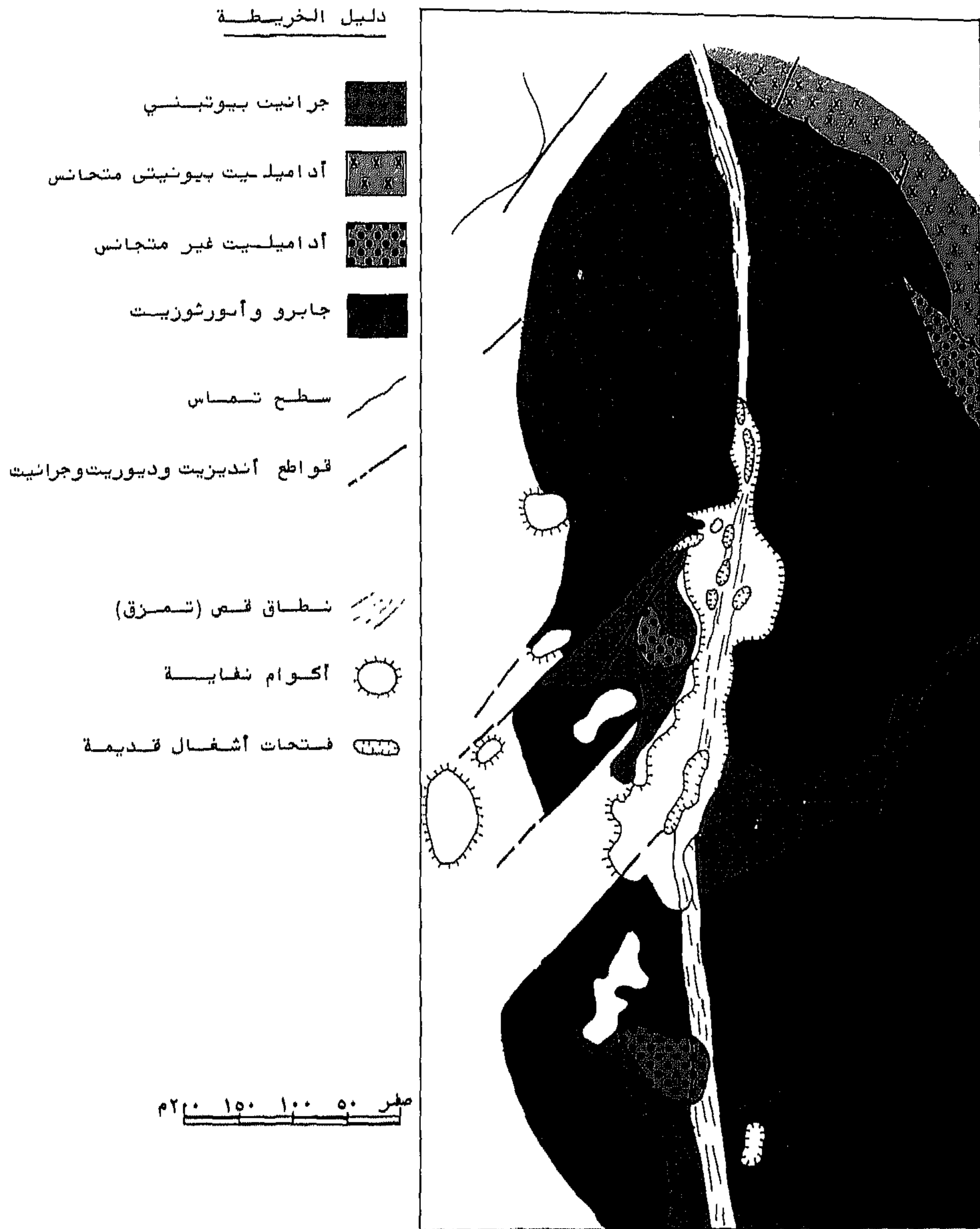
تظهر الصخور الجرانيتية المحتواة ضمن أنطقة التشققات تغير معادن الفلسبار إلى إبيدوت وسريسييت ، والبيوتيت إلى كلوريت .

مواقع التمعدن

تشير الدلائل إلى أن القدماء قد استغلوا عدداً قليلاً من مجموع مواقع التمعدن المنتشرة في منطقة الدوادمي ، وأجروا دراسات تنقيية فقط على الباقي . قامت المديرية العامة للثروة المعدنية بحفر ما يزيد على ثلاثين ثقباً في بعض هذه المواقع . دلت التحاليل الكيميائية والدراسات المجهرية على أن أربعة من هذه المواقع تحتوي على معادن الفضة وهي سمرة ومطيرة وسميرة وموقع رقم ٤٤ ، أما المواقع الأخرى فتحتوي على قليل من البيريت ، والجالينا ، والسفاليريت ، والكلكوبيريت . ونظراً لكون الوضع الجيولوجي وطبيعة التمعدن في هذه المواقع متشابهين إلى حد كبير ، وكذلك لوفرة المعلومات عن منجم سمرة ونظراً لكونه أهم المواقع المتمعدنة فيها ، فسأكتفى به هنا كمثال لمواقع تمعدن الفضة في منطقة الدوادمي .

سمرة Samrah

يقع منجم سمرة على مسافة ١٥ كم جنوب الدوادمي ، على خط عرض ٢٢° ٢٤' شمالاً وخط طول ٢٢° ٤٤' شرقاً . وهو منجم قديم استغل في عهد الدولة الأموية وأوائل العباسية . يوجد التمعدن في نطاق صدع تمزقي منحن ، بطول ٤٠٠ م يتجه شرق



شكل (٩) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن سمرة - الدوامي . مبسطة عن (Al Shanti 1976) .

شمال شرق . ويتمركز معظم التعدين القديم في تقاطع الصدع التمزقي المذكور مع شقوق تمديدية (extension fractures) متجهة إلى الشمال والشمال الشرقي (شكل ٩) (Al Shanti 1976) .

ويتكون التمعدن من السفاليريت ، والجالينا ، والبيريت ، والأرزينوبيريت ، والكلكوبيريت ، والمجنيتيت ، والتتراهيدريت ، والبوليبيازيت ، والبيرارجيريت ، والأرجنتيت ، والفضة ، والستروميريت . أما المعادن الغثة فتتمثل في الكلوريت والإبيدوت ، والكالسيت والسيليكات ، والسربنتين .

ويقدر احتياطي الخام بحوالي ٤٠٠ ألف طن تحتوي على ١٤ أوقية/ طن فضة و ٥٪ زنك و ١٣٪ رصاص ، مع قليل من الذهب (Kiilsgaard 1968) .

أصل التمعدن ونشأته : يُعزى التمعدن في منطقة الدوادمي بصفة عامة إلى محقونات صخور الجرانيت القلوية ، حيث قامت المحاليل الحرمائية الصهارية بالإضافة إلى الماء الأرضي ، باستخلاص عناصر الفلزات المشكلة للتمعدن من الصخور الرسوبية القديمة ، ثم رسبتها في التشققات والصدوع السابقة الوجود . وقد تلى ترسب هذه المعادن الفلزية تجدد الحركة على هذه الشقوق مما سبب تكون البريشيا وتركز المعادن أو تركزها من مواقعها الأولية (Al Shanti 1976) .

٢) منطقة النقرة Nugrah

بالإضافة إلى منطقة الدوادمي ، التي تعتبر المنطقة الرئيسة لتمعدن الفضة في الدرع العربي ، توجد مواقع أخرى تكون الفضة فيها فلزا مصاحبا للذهب أو النحاس أو الزنك . ومن أهم هذه المواقع منطقة النقرة (Maclean 1958) .

تتكون منطقة النقرة من النقرة شمال والنقرة جنوب وموقعهما كالتالي :

خط عرض	خط طول	النقرة شمال
٢٥ ٣٨ ٣٠	٤١ ٢٦ ٣٠	
٢٥ ٣٥ ٣٠	٤١ ٢٦ ٣٠	النقرة جنوب

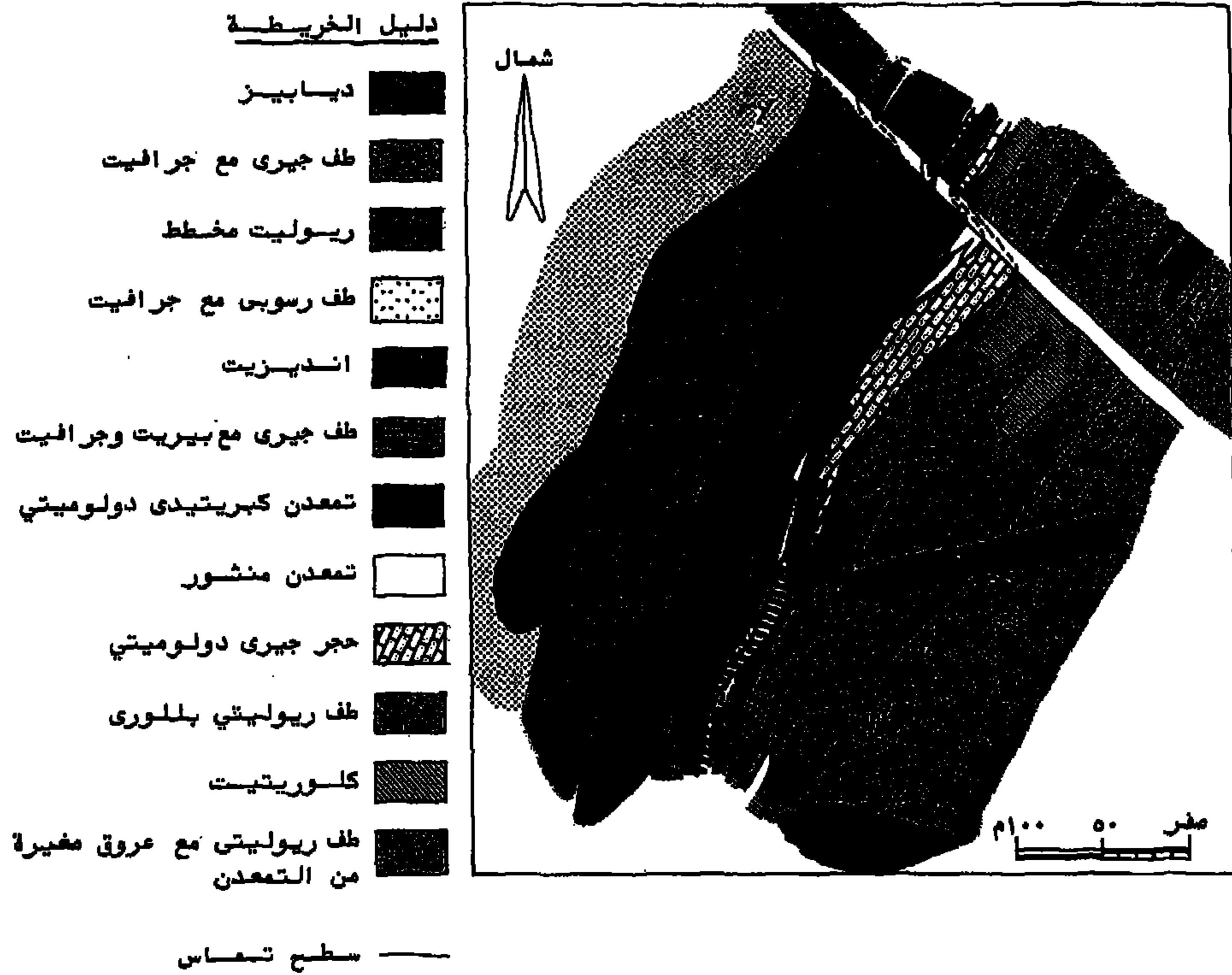
وهما على بعد ٢٢٠ كم شمال شرق المدينة المنورة و ٥١٠ كم شمال شرق جدة وعلى ارتفاع ٩٠٠ م عن سطح البحر وهما في سهول نجد .

والصخور الموجودة في منطقة النقرة متحولة إلى سحنة الشست الأخضر ومتأثرة بالتشوه من طي وتصدع . وتشتمل ، من أسفل إلى أعلى ، على الطّف الريوليتي الكلوريتي وبريشيا الريوليت التي تحتوي على البيريت المنشور ، ثم الحجر الجيري المتحول ، والطّف الجرافيتي ، والصوان ، ثم جسم الخام العدسي الشكل ، فالأنديزيت ، فالطّف الريوليتي الملتحم ، وتتبع جميعها متكون النقرة وهو المتكون العلوي من مجموعة الحليفة (شكل ١٠) .

ويمثل التمعدن بحبيبات دقيقة من الكبريتيدات الموجودة في طبقات دقيقة تتكون من البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت وبعض الجالينا المصاحبة للمعادن الغثة مثل الكلوريت والجرافيت والكربونات . كما يوجد الكلكوبيريت كذلك في عريقات دقيقة لاحقة قاطعة التطبق الدقيق . أضف إلى ذلك وجود بعض المعادن الأخرى بكميات ضئيلة مثل البيروتيت والأرزينويريت والموليبدنيت وبعض التيلوريدات وبعض الذهب الطليق (Delfour 1975) .

يقدر احتياطي الخام في النقرة جنوب بمليون طن تحتوي على ٨ ، ٠٪ نحاس ، ٨ ، ١٪ رصاص ، ٦ ، ٥٪ زنك ، ٣٩ ، ٤ جم / طن ذهب ، ٢٢٠ جم / طن فضة (Delfour 1975) . أما بترومين - جرانجز (Petromin - Grangez 1985) فقد قدرت الاحتياطي بـ ٤٦٦,٣٠٠ طن تحتوي على ٥ ، ١٪ نحاس و ٣ ، ٤٪ رصاص و ١ ، ١١٪ زنك و ٦ ، ٨ جم / طن ذهب و ٤٣٣ جم / طن فضة ، وذلك بعد إجراء دراسات سطحية وتحت سطحية مستفيضة .

أما في النقرة شمال فيقدر الاحتياطي بـ ٤٠٠,٠٠٠ طن تحتوي على ٧ ، ٠٪ نحاس و ٢ ، ١٪ زنك ؛ و ٥ ، ٢ جم / طن ذهب و ٢٣٠ جم / طن فضة (Delfour 1975) .



اتجاه وميل الطبقات

شكل (١٠) خريطة جيولوجية على سطح مائل ٥٠ درجة غرباً عن المستوى الأفقي لتمعدن النقزة الجنوبية . معدلة من (Delfour 1983) .

عناصر مجموعة البلاتين Platinum Group Elements

تضم مجموعة البلاتين الفلزات أوزميوم (osmium) Os ، إيريديوم (iridium) Ir ، بلاديوم (palladium) Pd ، روديوم (rhodium) Rh ، روثينيوم (ruthenium) Ru بالإضافة إلي فلز البلاتين (platinum) Pt .

وهذه الفلزات عناصر نفيسة على الرغم من تزايد استعمالها في الأغراض الصناعية إذ تستعمل في صناعة مرشحات عوادم السيارات، والمزدوجات الحرارية،

والإلكترونيات، وكعامل مساعد في تحضير حمض النيتريك، وكذلك في الصناعات الطبية، والأسنان، وغيرها من المجالات، هذا بالإضافة إلى استعمال البلاتين في الحلى وأغراض الزينة حيث يناسب لونه وبريقه صياغته مع الماس.

وعناصر مجموعة البلاتين تتميز بثقلها النوعي ومقاومتها الشديدة للعوامل الجوية، وكذلك للأحماض والمواد الكيميائية ما عدا البلاديوم. كما تتميز أيضا بدرجات انصهار مرتفعة (١٥٤٩ - ٢٧٠٠ م).

ويأتى معظم إنتاج البلاتين في العالم من الاتحاد السوفيتي (٤٥٪) وجنوب إفريقيا (٤٥٪) وكندا (٧٪)، ويصل الإنتاج العالمي (١٩٨٨ م) إلى حوالي ٤ مليون أوقية تروي (Troy Ounce).

توجد عناصر مجموعة البلاتين (Pt, Pd, Ru, Os, Rh, Ir) في الطبيعة على هيئة سبائك مع الحديد والنحاس وفلزات أخرى بنسب مختلفة، توجد من ضمنها سبيكتان رئيسان هما: البلاتين (أساساً بلاتين مختلط بنسب مختلفة من الخمسة فلزات) وأوسميريديوم (أساساً أوزميوم وإريديوم مختلطان بنسب مختلفة من الروديوم والروثينيوم والبلاديوم).

كما توجد فلزات البلاتين على هيئة معادن ذات تركيب متفاوت ولكن التغير في التركيب الكيميائي لتلك المعادن أقل كثيراً من السبائك المشار إليها أعلاه. نلاحظ أن البلايديوم يظهر في التركيب المعدني بصورة أكثر بكثير من باقي فلزات البلاتين، ويرجع ذلك إلى مقاومته الضعيفة لتأثير المذيبات الحمضية والقلوية.

توجد فلزات البلاتين أيضاً على هيئة إحلالات ذرى لكاتيونات معادن خامات عديدة مثل البنتلانديت والكلكوييريت والسفاليريت والبيروتيت، وأيضاً معادن صخور البريدوتيت والجابرو والبيروكسينيت. ثم معادن سبيريليت sperrylite (PtAs₂) وكويريت (PtS) cooperite واستيوباالادينيت stibiopalladinite (Pd₅ Sb₂) وبراجيت (Pt Pd Ni) S braggite.

ويقتصر وجود البلاتين في الطبيعة على صحبة الصخور القاعدية وفوق القاعدية مع الكروم والحديد التيتاني، والنيكل، والنحاس - نيكل - كوبلت أو النحاس - نيكل. ودائماً ما تكون رواسب المراقد للبلاتين placer deposits مشتقة من صخور قاعدية وفوق قاعدية.

البلاتين في المملكة العربية السعودية

لم يكتشف البلاتين على وجه اليقين في صخور الدرع العربي حتى الآن، ومع ذلك يمكن توقع وجوده في أحزمة الدروز الأفيوليتية (ophiolitic sutures) بصحبة الصخور فوق القاعدية لتتابعات الأفيوليت، وكذلك في المحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة حيث يفصل عن الصهارة أثناء تفارقها ويتركز في طبقة أو أخرى من المحقون (كما هي حالة وجوده في الميرنسكي ريف (Merensky Reef) في محقون بوشفيلد (Bushveld) بجنوب أفريقيا.

وقد قامت المديرية العامة للثروة المعدنية في السنوات الأخيرة بدراسات استكشافية لمصادر مجموعة فلزات البلاتين في المملكة، وجمعت عينات من المعقدات الأفيوليتية. بينت تلك الدراسات وجود البلاتين في عدسة الكروميت بجبل الوصق (١٦٠ جزءاً في البليون) وفي منطقة طلوحه (٧٢٠ جزءاً في البليون) كما تم التعرف على سبائك روثنيريدوسمين $\text{Ru}_{.36} \text{Ir}_{.26} \text{Os}_{.06}$ rutheniridosmine وإريدوسمين $\text{Ru}_{.05} \text{Os}_{.51} \text{Ir}_{.44}$ iridosmine ومعدن لوريت $\text{Ru}_{.12} \text{Ir}_{.02}$ laurite ($\text{Os}_{.02}$) S_2 (Legendre 1982 و Chevremont 1983، و Chevremont & Cassard 1986). احتوت عينات الكروميت بجبل إس على ٢٧ جزءاً في البليون بلاتين، ٢٠ جزءاً في البليون روثنيوم و ٣٣٠ جزءاً في البليون ذهب.

أثبتت دراسة عينات المجنيتيت التيتاني والكبريتيدات والجوسان لمنطقة وادي خمال وجود الروثينيوم بنسبة تصل إلى ١٤٠ جزءاً في البليون. كما أن إحدى عينات الجوسان أعطت قيمة عالية جداً (بلاتين ٢، ٧ جم/طن، بلاديوم ٨٢، ٠ جم/طن) (وذهب ٦، ٢ جم/طن) (Chevremont & Cassard 1986).

الفصل الثاني

الفلزات غير الحديدية

Nonferrous Metals

■ النحاس ■ الزنك والرصاص ■ القصدير ■ الألومنيوم .

يندرج تحت هذه المجموعة رواسب النحاس والرصاص والزنك والقصدير والألومنيوم، وكلها موجودة ضمن الرواسب المعدنية في المملكة (شكل ١).

النحاس Copper

النحاس من أقدم الفلزات التي عرفها واستخرجها الإنسان، وكانت معرفته بمعادنه وصناعة سبائكها نقطة انتقال له من العصر الحجري إلى العصر البرونزي. وكان يُنتج النحاس بكميات قليلة إلى أن وصل إنتاجه السنوي إلى ٢٠٠ و ١٨ طن في عام ١٨١٠، وبدأ الإنتاج يتزايد بعد ذلك حتى وصل إلى ٥ و ٧ مليون طن سنوياً في ١٩٨٠. وأهم الدول المنتجة للنحاس هي الولايات المتحدة الأمريكية (١٨٪ من الإنتاج العالمي)، تشيلي (١٤٪)، زامبيا (١١٪)، كندا (١٠٪)، الاتحاد السوفيتي (١٠٪)، زائير (٦٪)، بيرو (٤٪)، استراليا (٣٪)، جنوب إفريقيا (٢٪)، اليابان (٢٪).

والنحاس فلز ثقيل كثافته ٩, ٨ جرام/سم^٣ وقابل للطرق والسحب وصلابته ٢, ٥ - ٣. وهو جيد التوصيل للكهرباء والحرارة، ولا يتفوق عليه في ذلك إلا الفضة.

يوجد النحاس في خاماته المستغلة اقتصادياً في عديد من الصور، فقد يكون

طليقا، أو على صورة كبريتيدات، أو خامات مؤكسدة، أو خامات مركبة. ويتطلب كلٌّ من هذه الأنواع معالجة ميتاليرجية خاصة للحصول على الفلز منه. وتعتبر الكبريتيدات أهم معادن النحاس، أما الخامات المركبة فهي تلك التي تحتوي على الرصاص والزنك وبعض الفضة والذهب بالإضافة إلى النحاس. وهناك حوالي ١٦٥ معدنا تحتوي على فلز النحاس إلا أن أهمها من الناحية الاقتصادية هي المعادن الآتية:

المعدن	التركيب	النسبة المئوية
معادن طليقة		
نحاس طليق	Cu	١٠٠٪
كبريتيدات		
كلكوبيريت	CuFeS ₂	٣٤,٥٪
بورنيت	Cu ₅ FeS ₄	٦٣,٣٪
كلكوسيت	Cu ₂ S	٧٩,٨٪
كوفيليت	CuS	٦٦,٤٪
أنارجيت	Cu ₃ AsS ₄	٤٨,٣٪
تتراهيدريت	Cu ₈ Sb ₂ S ₇	٥٢,١٪
تينانتيت	Cu ₈ As ₂ S ₇	٥٧,٠٪
معادن مؤكسدة		
كيوبريت	Cu ₂ O	٨٨,٨٪
تينوريت	CuO	٧٩,٨٪
ملاكيت	CuCO ₃ · Cu(OH) ₂	٥٧,٣٪
أزوريت	2 CuCO ₃ · Cu(OH) ₂	٥٥,١٪
كريزوكولا	CuSiO ₃ · 2H ₂ O	٣٦,٠٪
أنتليريت	Cu ₃ SO ₄ (OH) ₄	٥٤,٠٪
بروكتيت	Cu ₄ SO ₄ (OH) ₆	٥٦,٢٪
أتاكاميت	CuCl ₂ · 3Cu(OH) ₂	٥٠,٤٪

وأهم المعادن الغثة المصاحبة لتمعدن النحاس هي الكلوريت والكوارتز والكالسيت والدولوميت والباريت ومعادن الزيوليت .

وتختلف رتبة خام النحاس المستغلة باختلاف نوع الخام ، فمن الممكن أن تستغل رواسب النحاس الطليق حتى لو وصل تركيز الفلز فيها إلى ٤ ، ٠٪ ، وخامات الكبريتيد البسيطة تستغل بنسبة ٥ ، ٠٪ أو أقل . وقد تصل الخامات الغنية من النحاس (نواتج الإثراء التالى supergene enrichment) مثلاً إلى ما يقارب ١٠٪ نحاس . ويتوقف حد التعدين (cut-off grade) على عوامل عديدة من أهمها كمية احتياطي الخام الموجودة .

تصهر الخامات الغنية (٤٪ أو أكثر نحاس) مباشرة لتفادي الفقد أثناء عمليات التركيز ، أما الخامات الفقيرة فتجرى عليها عمليات التعويم (flotation) لو كانت كبريتيدية ، أو عمليات الإذابة بالإحماض لو كانت مؤكسدة . ومن الممكن التحكم في عمليات تعويم خامات الكبريتيد للتخلص من البيريت والبيروتيت وعزل كبريتيدات الرصاص والزنك .

والنحاس من أهم دعائم الصناعة الحديثة ، ويزداد استخدامه مع التوسع في استعمال الطاقة الكهربائية وفي الاستعداد للحروب . وتستهلك الولايات المتحدة منه ما بين ٢ و ٥ مليون طن سنوياً . وتصنع أسلاك التوصيلات الكهربائية من النحاس الخالص . وتصنع من الفلز سبائك مهمة مثل النحاس الأصفر (براس brass) وهو سبيكة من النحاس مع بعض الزنك) والبرونز (نحاس ٨٨٪ وقصدير ١٠٪ و زنك ٢٪) كما تصنع سبائك أخرى بإضافة النيكل أو الألومنيوم أو الزرنيخ أو غيرها .

وروااسب النحاس متعددة الأنواع والبيئات الجيولوجية ، ومن أهمها :

■ الرواسب الصهارية (magmatic deposits) للنحاس والنيكل مثل سدبري بكندا .

■ رواسب الاستبدال الميتاسوماتي على نطاقات التماس (contact metasomatic) مثل منجم بنجام بالولايات المتحدة .

■ رواسب النحاس البورفيرى (porphyry copper deposits) مثل بزي بي في

أريزونا - بالولايات المتحدة .

■ خامات رسوبية متطبقة (stratiform sedimentary) مثل كوبرشيفر بألمانيا .

■ كبريتيدات كتلية بركانية رسوبية (volcanosedimentary massive sulphide deposits) مثل ، رواسب قبرص وجبل صايد بالمملكة العربية السعودية .

■ رواسب بكتيرية الأصل (bacteriogenic) مثل راسب مونت أيزا في إستراليا .

■ رواسب الإثراء التالي (supergene enrichment) في كثير من رواسب النحاس البورفيرى مثل بيوت - مونتانا بالولايات المتحدة .

■ رواسب العروق (vein deposits) مع الفلزات النفيسة و فلزات القاعدة الأخرى كما هو الحال في مهد الذهب والأمار بالمملكة العربية السعودية .

النحاس في المملكة العربية السعودية

اكتشف النحاس واستغل في مناطق عديدة من المملكة منذ القدم خاصة من المناجم التي يوجد فيها مصاحبا للذهب والفضة .

ومعظم رواسب النحاس في المملكة من الخامات المركبة حيث يصاحبه بعض الزنك وقليل من الرصاص والذهب والفضة ، وهي من نوع الكبريتيدات الكتلية البركانية الرسوبية المصاحبة للبركانيات الحمضية والصخور البركانية والفتاتية . ومن أمثلة هذا النوع جبل صايد ومنطقة المصانع . كما يوجد النحاس أيضا في العروق الحاملة للذهب والفضة كما في مهد الذهب والأمار . أما رواسب النحاس البورفيرى ، فلم يعثر عليها حتى الآن بالمملكة . وفيما يلي نعرض لبعض أهم مواقع تمعدن النحاس في الدرع العربي بالمملكة .

(١) جبل صايد Jabal Sayid

يحتوي جبل صايد على أكبر رواسب فلزات القاعدة المصاحبة للبركانيات في

المملكة . ويقع على بعد حوالي ٤٠ كم إلى الشمال من مهد الذهب و ٣٠٠ كم شمال شرق مدينة جدة . عرف تمعدن النحاس واستغل بالمنطقة منذ أزمنة قديمة كما تدل على ذلك الحفر والنفايات وخبث الأفران الموجودة هناك . تم استكشاف المنطقة في عام ١٩٦٤ من خلال برنامج مكثف للأبحاث الجيولوجية والجيوفيزيائية والتنقيب (Shepherd 1964) . وخلال السنوات التالية أدى هذا البرنامج إلي اكتشاف ثلاثة مكامن للتمعدن مصاحبة لمنكشفات جوسانية ومكمن واحد غير مصاحب لتمعدنات أو دلالات سطحية .

يقع تمعدن جبل صايد في الجزء الأعلى من متكون صايد ، وهو الوحدة السفلى الفلسية لمجموعة العرج ، والتي يعتقد بأنها تكونت تحت ظروف أقواس جزر . ويشمل متكون صايد تتابعا من الريوليت القلوي والصخور البركانية الفتاتية الفلسية . توجد مكامن الخام على حد التماس بين متكون صايد والفترة الترسيبية التي تعلو هذا المتكون ، فوق تراكم من الصخور البركانية الفتاتية الفلسية ، حيث تشغل فترة في التابع مميزة بالترسبات الكيميائية الممثلة بطبقات متقطعة من الصوان والجاسبر والصخور الجيرية والكبريتيدات ، تعلوها صخور طينية حاوية للبيريت وفيوض من الريوليت الشريطي السريان (flow banded rhyolite) وبعض الأجلومريت والطف دقيق التحب والطف اللويبي (lapilli) (شكل ١١) (Sabir 1975) .

وتشغل البركانيات الفلسية لمتكون صايد لبّ قبة أو بنية محدبة تضم عددا من الأجسام دقيقة التحب من الصخور الفلسية التي تتميز بوجود بلورات ظاهرة من الكوارتز . وقد تكون هذه الصخور البورفيرية الحاوية لعيون الكوارتز ، كتلا تحت بركانية مماثلة لمحقون الداسيت البورفيرية الحاوي لبلورات ظاهرة من الكوارتز والموجود إلى الشمال الغربي من الأجسام المتمعدنة . ووجود مثل هذه الصخور ذات العيون من الكوارتز ظاهرة شائعة في أنحاء عديدة من العالم بصحبة رواسب الكبريتيدات الكتلية بركانية الأصل (Hopwood 1979) .

طبيعة الخام : الراسب المعدني في جبل صايد هو راسب لفلزات القاعدة (base metals) بركاني الأصل ، من عدسات طبقية من الكبريتيد الكتلي البركاني الزفيري ، متوافقة ومتكاملة مع الصخور الرسوبية الكيميائية والطفال الجرافيتي البيريتي . يميز هذا التمدن والصخور الكيميائية الرسوبية المصاحبة فترة ترسيبية أثناء توقف النشاط

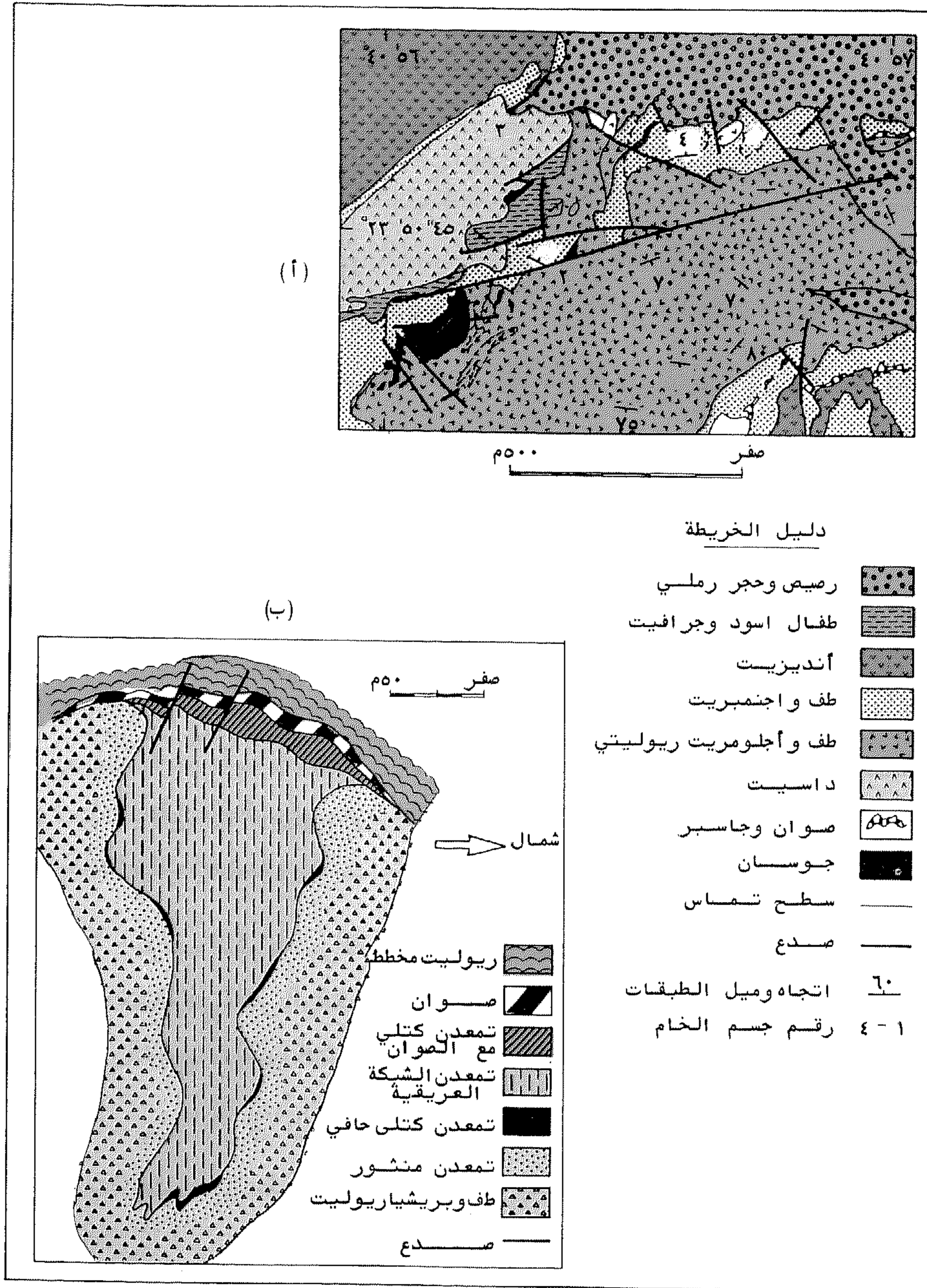
البركاني والانتقال من طبيعة فلسية متفجرة إلى تبركن فلسي تحول إلى بازلي وأنديزيتي. يوجد أسفل الخام الكتلي مباشرة وفي الصخور البركانية الفلسية التابعة لتكون صايد أجسام أنبوبية الشكل بها خام في شبه عريقات غنى بالنحاس. تحتوي هذه الأجسام على معظم الخام الاقتصادي الرتبة بالمنطقة (شكل ١١ - ب) (Bowden and Smith 1981).

يُكوّن الخام الكتلي أجساماً عدسية من البيريت مع بعض الكلكوبيريت والسفاليريت والبيروتيت، ويمكن تمييز نوعين من الخام على أساس النسيج (texture) هما : خام بدون بنية محددة (structureless ore) وخام بريشي مهشم (breccia ore). يتكون النوع الأول من تجمعات عشوائية من الكبريتيدات دقيقة التحبب، في حين يتكون النوع الثاني من شظايا زاوية وتحت مستديرة من الكبريتيد في أرضية طفيفة من الكربونات والكلوريت والجاسبر أو الصوان. يتداخل الخام البريشي جانبياً مع عدسات من الجاسبر أو الصوان، التي تُكوّن أيضاً الحائط المعلق للخام. ويتميز الحد الأسفل للخام الكتلي بوجود بعض الدولوميت ثم أنبوب الشبكة العريقية من الخام، أو (في حالة غياب شبكة العريقات) بتلامس الخام مباشرة مع حائط القدم الخالي من التمعدن. يتميز الخام الكتلي بوجود بعض النطاقية والشريطية وأنسجة أخرى مثل الأشكال الغروية (colloform) والفرامبويد وغيرها. (Staatz and Brownfield 1984).

أما خام الشبكة العريقية (stringer ore) فيتكون من قطرات منشورة وعريقات متفرعة وعروق متصلة من البيريت جيد التبلر والكلكوبيريت وقليل من السفاليريت والبيروتيت وآثار من التلوريدات (Sabir 1977).

يصاحب التمعدن تغيراً حرمائياً كوّن نطاقاً بروبليتيّاً وصحبةً من الكلوريت والسيريست والبيريت والكربونات والإبيدوت والهيمايت، مع إدخال كمية ملموسة من السيليكا.

أما على السطح فيُمثل التمعدن بجوسان كتلية من الصوان والليمونيت يغطيها بريشيا من الجاسبر والحجر الجيري (شكل ١١).



شكل (١١) أ - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في جبل صايد .
 ب - مقطع تخطيطي يوضح تنطق التمعدن في جبل صايد . معدلة من Bowden
 and Smith (1981), Sabir (1975)

الاحتياطيات : تحتوي ثلاثة من الأربعة أجسام المتمعدنة على احتياطيات مهمة على النحو التالي :

التمعدن	الاحتياطي (مليون طن)	نسبة النحاس %
رقم ١	٤	٢
رقم ٢	٢,٥	٣
رقم ٤	١٥	٣ - ٢,٥

وما زال جسم الخام رقم ٤ ممتدا في العمق وربما كان به احتياطيات إضافية أكثر من الـ ١٥ مليون طن المثبتة فعليا به (Smith *et al.* 1984).

نشأة التمعدن في جبل صايد : كما سبق القول ، ينتمي التمعدن في جبل صايد إلى نوع الخامات المعروف باسم الرواسب الزفيرية الرسوبية بركانية الأصل .

ومن هنا يمكن تصور أن عملية تكونه قد مرت بالمراحل الآتية (شكل ١١ ب) .

١ - حقن قبة الريوليت قرب نهاية دورة بركانية ثم تكسّر هذا الريوليت انفجاريا بفعل المتطائرات الحبيسة به .

٢ - توقّف النشاط البركاني وبدء تكوّن النطاق الترسيبي من الصوان والجاسبر والكربونات ، وفي نفس الوقت بدء تخلل ماء البحر - عبر الشقوق والكسور - إلى أعماق في التابع البركاني تحت قاع المحيط .

٣ - بعد ما تركّز الماء وزادت درجة حرارته ، بدأ رحلته في الصعود إلى قاع المحيط بتيارات الحمل على هيئة زفرات بركانية محملة بمكونات الراسب المعدني .

٤ - ترسّب الكبريتيدات في هيئة عدسات متوافقة مع رسوبيات الصوان والجاسبر والكربونات . ويمثل نطاق العريقات الشبكية ، المسارات التي سلكتها الزفرات البركانية في صعودها . كما يدلّ التغير الكلوريتي والسيليسي والبروبليتي في الريوليت

على طبيعة وحرارة هذه المحاليل .

٥ - بعد تكون الرواسب الكتلية بالترسيب مباشرة على قاع البحر ، وتكون رواسب العريقات الشبكية بملء الشقوق المفتوحة التي صعدت منها المحاليل ، تعرضت أجسام الخام والصخور المضيفة لها لعمليات الطي والتصدع ثم التعرية .

٦ - تأكسد الأجزاء المكشوفة من الأجسام الكبريتيدية لتكون الجوسان المنكشف على السطح في المنطقة .

(٢) الشزم Ash-Shizm

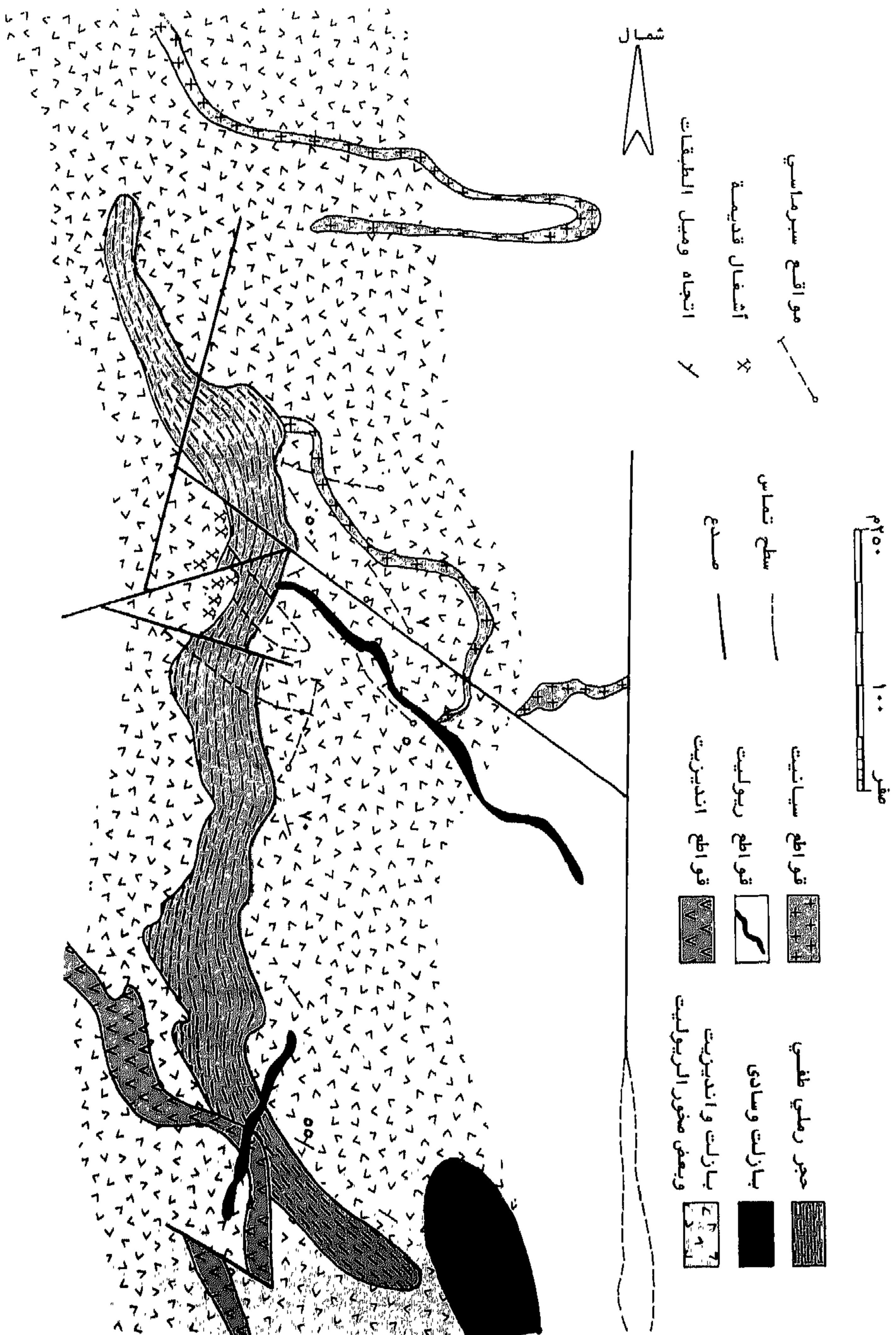
يقع منجم الشزم في وادي الشزم في غرب شمال غرب مدينة العلا على خط طول ٣٢° ٣٧' شرقاً وخط عرض ٢٧° ٢٦' شمالاً (شكل ١) .

يوجد التمعدن ضمن متكون النقرة ، وهو الجزء العلوي من الصخور البركانية والبركانية الفتاتية التابعة لمجموعة الحليفة في المنطقة . يقع التمعدن ضمن طبقات من صخور البازلت الوساوي وفيوض صخور الأنديزيت والريوليت والصوان ، ملازماً للصخور الحمضية أكثر من غيرها (شكل ١٢) . ويعتقد بأن الموقع قد استغل في زمن الدولة العباسية لاستخراج الفضة والنحاس ، حيث توجد خنادق وآبار متعددة يصل عمقها أحياناً إلى ثلاثين متراً . كما توجد أكوام النفاية والخبث ومواقع استخلاص المعادن في وادي الشزم بالقرب من الموقع .

توجد منطقة التمعدن متطبقة مع الصخور البركانية ، وتعلوها طبقة من الصوان تميل بدرجة ٥٠ - ٧٠° للشمال وتتجه مع الطبقات البركانية باتجاه شرق غرب تقريباً . يبلغ طول المنطقة المتمعنة ٢٠٠ متر عرض يصل إلى ثلاثة أمتار تقريباً .

يظهر التمعدن على السطح على شكل نطاق مؤكسد ومتغير حيث تكثر به معادن أكاسيد وكربونات النحاس والحديد المختلفة . يتغير الصخر المضيف إلى اللون الفاتح حيث تكثر به المعادن الطينية والكلوريت والكوارتز الثانوي المصاحب للتمعدن .

أثبتت عمليات الحفر التنقيبي المكثف ، أن التمعدن في منطقة الشزم هو تمعدن



شكل (١٢) خريطة جيو لوجية لموقع تمعدن الشنم . معدنة من Shanti (1982) .

منشور (disseminated) وشبكة تمعدن عرقية (stringer) في نطاق غني بمعدن الكلوريت . هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن الصخر الكلوريتي المضيف ، يقع ضمن جسم التمعدن الأنبوبي الموجود عادة تحت عدسات الكبريتيد الكتلي . أما التمعدن الكتلي الذي كان من المفروض وجوده معتليا هذا الأنبوب فغير موجود ، ربما بسبب عمليات التعرية بعد تكونه ، أو انزلاقه جانبيا أثناء مراحل تكونه الأولى وقبل تصلده ، أو أنه لم يتكون أصلا .

والمعادن الموجودة في راسب الشزم هي البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت والجالينا والبورنيت والكوفيليت والديجنيت ، أيضا تبين وجود بعض معادن التيلوريدات مثل الهيسيت والألتيت ، وأحيانا يوجد معدن المجنيتيت بصحبة الكبريتيدات ، ويبدو أنه كان أول المعادن المتكونة في الموقع تحت ظروف بيئية مؤكسدة تغيرت لاحقا إلى مختزلة حيث ترسبت الكبريتيدات .

أثبتت التحاليل والدراسات المجهرية وجود اختلاقات في نسب المعادن الموجودة ضمن الشبكة العرقية ، مما يؤكد وجود تمناطق رأسي وتمناطق أفقي في جسم التمعدن الرئيس حيث تزداد نسبة الزنك والرصاص كلما ابتعد التمعدن عن المصدر كما هو الحال في معظم أنواع التمعدنات البركانية الأصل .

وهناك تشابه واضح بين نطاقي التمعدن الشبكي في كل من راسب جبل صايد وراسب الشزم من حيث نوع وعمر الصخور (متكون النقرة) ودرجة التحول الإقليمي والتهشم (سحنة الشست الأخضر المتدنية) . وكذلك طبيعة معادن الخام والمعادن الغثة المصاحبة لها (Sabir 1979) .

وقدرت الاحتياطيات بمنطقة الشزم بحوالي ٠٠٠ , ٦٠٠ طن من الخام الذي يحتوي على ٨٥ , ٢٪ نحاس و ١٪ زنك و ١٤ , ٠٪ رصاص ، بالإضافة إلى ٢٥ جراما فضة لكل طن ، ولذا يعتبر هذا الراسب غير اقتصادي تحت الظروف السائدة (Donzeau 1980 a and b) .

(٣) أم الشلاهيب Um Ash Shalahib

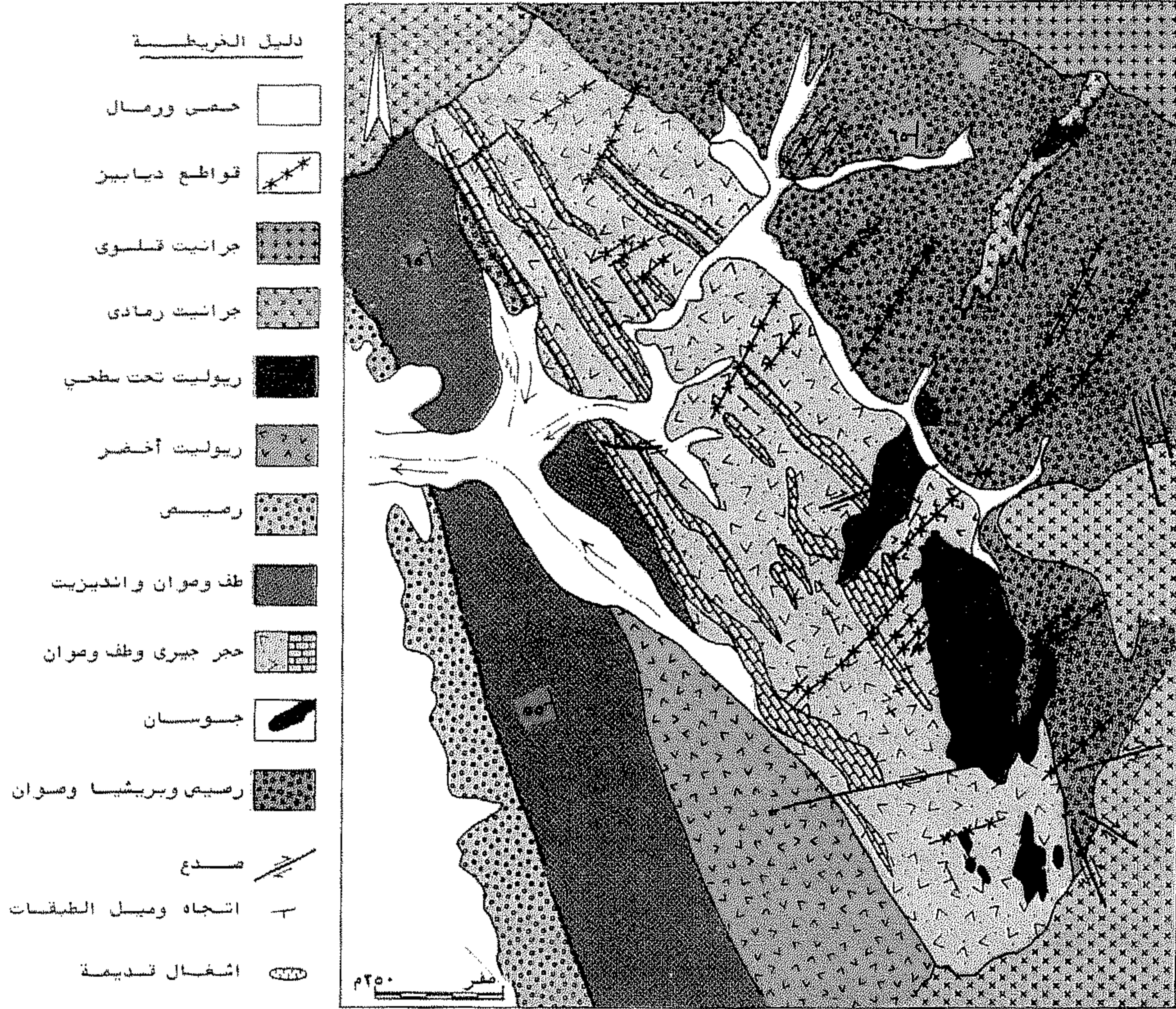
يقع تمعدن أم الشلاهيب على خط عرض $٢٣^{\circ}٤٤'$ شمالاً وخط طول $٤٠^{\circ}٥٥'$ شرقاً في حزام من الصخور البركانية والبركانية الرسوبية المتطبقة التابعة لمجموعة الأمار، والتي تكافيء في عمرها كلاً من مجموعة حلبان ومجموعة الحليفة في المناطق الأخرى من الدرع العربي. ويفصلها صدع الأمار - إدساس (درز الأمار) عن مجموعة شست العبط إلى الغرب.

وتشمل الصخور المتطبقة على الطّف والأجلوميريت الريوليتي المتطبق مع بعض الحجر الجيري والحجر الرملي والرصيص والطّف الجيري كما توجد بعض عدسات الصوان والطّف الصواني (شكل ١٣). وجميع هذه الصخور متحولة إلى سحنة الشست الأخضر ومورقة إلى درجة ما، ويتداخلها عدد من الجدد المتوافقة المتطبقة والقاطعة (sills and dikes) من الديابيز والريوليت. وتتميز منطقة التمعدن بمناخ من الريوليت تحت البركاني (subvolcanic) ينحو شمالاً جنوباً تقريباً مكوناً شبه قوس، ويتكون أساساً من بريشيا الريوليت ومن قواطع ريوليتية. ويوجد بالمنطقة عدد من الصدوع يسارية الإزاحة تضرب شمالاً ٤٥° غرباً وبعض الصدوع الثانوية التي تأخذ اتجاه الشمال ٤٥° - ٦٥° شرقاً. وقد ترسب جزء من التمعدن في هذه الصدوع والتي عليها تتوزع المناجم القديمة وبعض مواقع الجوسان والتغير الحرماثي حول جسم بريشيا الريوليت، وتتكون من عدد من الحفر والخنادق السطحية التي تتجه شمال شرق. ويمكن تقسيم مواقع التمعدن إلى :

أ - عدد من أجسام الجوسان بملاط سيليسي طيني والملحومة بالسيليكا والطين، يتراوح عرضها بين ٥٠ سم و ١٠ م (شكل ١٣).

ب - منطقة تأكسد موجودة في نطاق الأشغال القديمة وتمتد إلى عمق أربعين متراً تحت السطح.

ويتكون التمعدن في الحالتين من أكاسيد الحديد (الجيثيت والليمونيت) ومعادن النحاس الثانوية (الملاكيت والكريزوكولا).



شكل (١٣) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الشلاهيب . معدلة من (Brosset 1972 b) .

ج - نطاق التمعدن الأولى الذي يقع تحت عمق أربعين مترا من السطح ، ويظهر في العينات اللبية المستخرجة من الحفر الماسي والذي يتكون من بريشيا الريوليت ، ويحتوي على عريقات من الكبريتيدات والمجنيتيت وتمعدن منشور من البيريت ومن المجنيتيت والسفاليريت والكالكوبيريت (Al Shanti *et al.* 1989 ، و Brosset 1972b) .

أصل التمعدن : يعتبر التمعدن في أم الشلاهيب من النوع البركاني الأصل والنشأة ، تكون على شكل أجسام متمعدنة عريقية ومشورة في جسم بريشيا الريوليت ، الذي يمثل المخرج البركاني الذي منه تكونت طبقات الطّف الريوليتية في المنطقة . وقد أعيد تحريك بعض هذا التمعدن في وقت لاحق بفعل المحاليل المتخللة ليرسب في بعض الصدوع في المنطقة .

اقتصاديات الموقع : بالرغم من أن منطقة التمعدن واسعة، وبالرغم من وجود عدد من أجسام الجوسان ومن الأشغال القديمة وأنطقة التحول الحرمائية، إلا أن الدراسات التحليلية على هذا التمعدن في السطح، ودراسة اللب الصخري للعدد الكبير من الشقوب في المنطقة لم تنجح في إثبات وجود تمعدن اقتصادي في الوقت الحاضر، حيث قد أمكن تحديد جسم من الخام يحتوي على حوالي ١٣٪ زنك و ١,٣٪ نحاس يقدر بـ ٤٠٠,٠٠٠ طن (أربعمائة ألف طن) فقط.

٤ (أم الدمار Um Ad-Damar

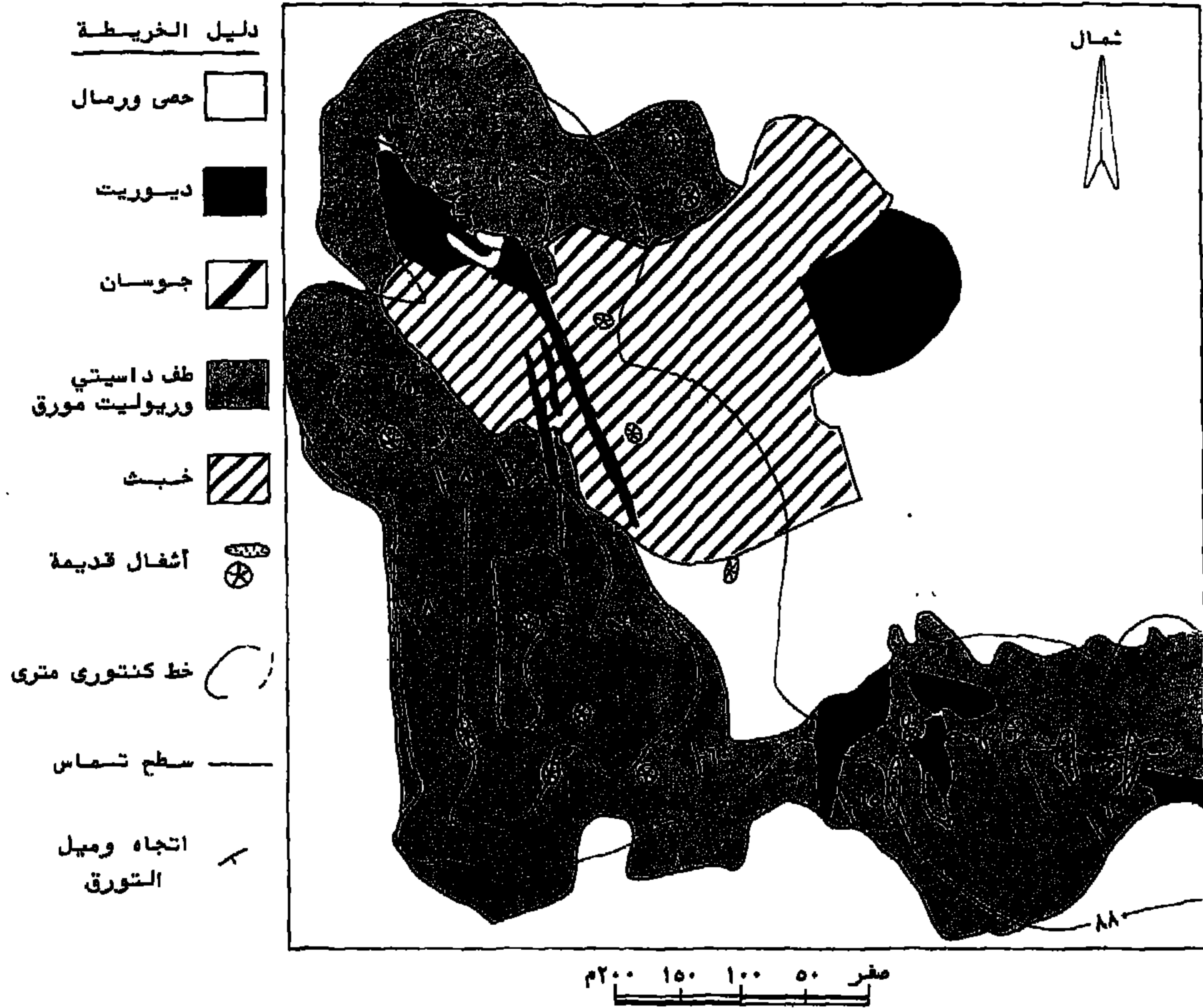
تقع منطقة أم الدمار على مسافة ١٥ كم إلى الجنوب الشرقي من جبل صايد، في تتابع من الصخور البركانية والبركانية الفتاتية من مجموعة الحليفة (متكون النقرة). يتركز تمعدن النحاس في أنطقة تمزق وتهشم في صخور بركانية حمضية من الريوليت بورفري والداسيت والريوليت أجلوميريت والصوان. وهذه الصخور متأثرة بالتحول الإقليمي إلى سحنة الشست الأخضر ومطوية في الموقع الشمالي على هيئة طية محدبة محورها شمال - جنوب.

التمعدن : يوجد التمعدن في منطقتين يفصل بينهما ٦, ٢ كم (تمعدن أم الدمار الشمالي وتمعدن أم الدمار الجنوبي). يحتوي كل من الموقعين على عديد من الحفر والآبار القديمة، كما توجد في الموقع الشمالي أكوام من الخبث تقدر بحوالي ١٠٠,٠٠٠ طن تغطي مساحة ٣٠,٠٠٠ متر مربع (شكل ١٤)، ويصل متوسط النحاس في هذا الخبث إلى ٨٥, ٠٪ (Ahmad 1979).

أما في الموقع الجنوبي فيبلغ طول المنطقة المتمعنة ٥٠٠ متر ويظهر التمعدن على السطح في شكل أكاسيد حديدية وأكاسيد وكربونات نحاس تحتوى على ٨, ١٪ نحاس.

اتخذ التمعدن موقعه في أم الدمار الشمالية في أنطقة التمزق المتجهة شمال - جنوب، نتيجة لتحرك الخام من مواقعه الأصلية من شبكة العروق المغذية في صخور مصدر التبركن. أما التمعدن الكتلي، والذي كان من المتوقع وجوده أعلى شبكة

العريقات، فيبدو أنه لم يتكون أصلاً، أو أنه تكون ثم أزيل بعوامل التعرية كما يشير إلى ذلك عدم إحتواء التمعدن على عنصري الرصاص والزنك التي توجد عادة في الأجزاء العليا من الخام الكتلتي. والمعادن الأولية الموجودة هي البيريت والكلكوبيريت وقليل من التيلوريدات وأملاح النحاس الكبريتية (Ahmad 1979).



شكل (١٤) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن أم الدمار الشمالية. معدلة من (Duhamel 1971).

يتشابه تمعدن أم الدمار كثيراً مع التمعدن الموجود بجبل صايد خاصة في نوعية الصخور المضيفة والوضع التطبقي. وقد تم إجراء دراسات وحفر عدد من الحفر الماسية في الموقع قطع بعضها ما بين متر إلى خمسة أمتار من التمعدن المنشور، والذي يحتوي على ١٪ - ٩,٢٪ نحاس و ٧,٠٪ زنك و ٣٠ جرام / طن فضة. وعلى أساس من أعمال الجيوفيزياء والحفر نستطيع القول بأن تمعدن أم الدمار الشمالية ليست له قيمة اقتصادية في الوقت الحالي (Bowden and Smith 1981).

أما أم الدمار الجنوبية فقد أثبت الحفر التنقيبي وجود مليون طن من الخام الذي يحتوي على ٢٪ نحاس و ٢٪ زنك .

والتمعدن هنا وجد في الامتداد الجنوبي الغربي لموقع المنجم القديم وهو على شكل شبكة عريقات مشوهة ، يعتقد بأنها جزء من راسب كبريتيدي كتلي ، موجود ضمن صخور الداسيت والأنديزيت الفتاتية المتحولة إلى الشست في نطاق التمزق الرئيس من الموقع . أما المعادن الأولية الموجودة هنا فهي البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت مع بعض التيلوريدات بالإضافة إلى التلك والكلوريت والكالسيت التي تشكل المعادن الغثة الأساسية .

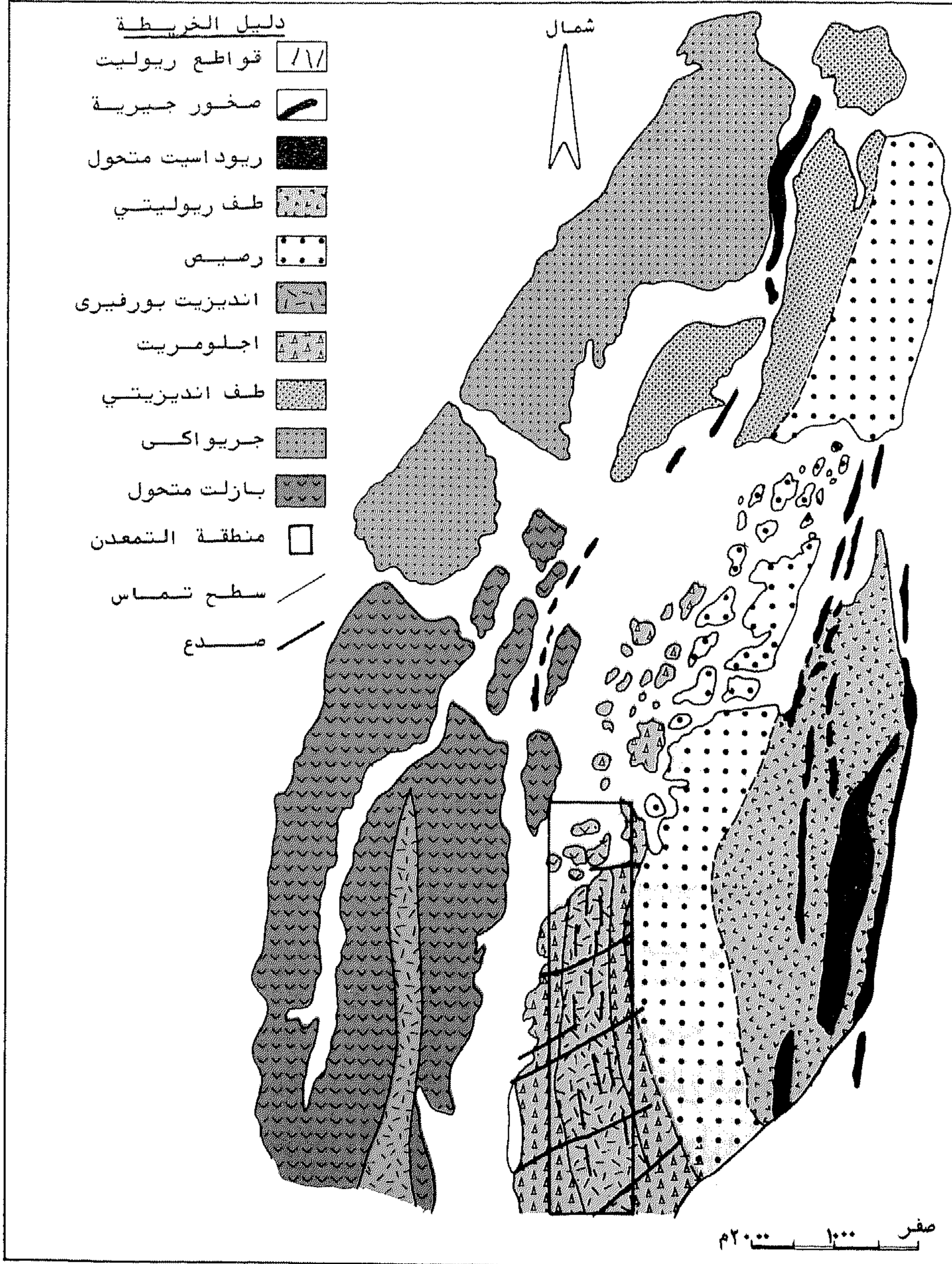
٥ (المصينة Al Musaynaah

يقع تمعدن المصينة على بعد ٢٥٥ كم شمال شرق المدينة المنورة على طريق حائل - المدينة المنورة وعلى مسافة ٣٠ كيلو مترا جنوب بلدة الحليفة (شكل ١) .

والمصينة ، كما يوحي بذلك اسمها ، منطقة نشاط تعديني قديم ، حيث توجد مناجم وأعمال حفر قديمة موزعة في منطقة طولها ستة كيلو مترات وبعرض يصل إلى ٣٠٠ م (شكل ١٥) . كما توجد أكوام كثيرة من الحثث وبقايا المنازل التي تغطي ما يقرب من ٢,٥ كم^٢ .

تتميز جيولوجية المنطقة بوجود كل من المتكون السفلي (عفنة) والمتكون العلوي (نقرة) لمجموعة الحليفة البركانية والبركانية الرسوبية في المنطقة . وتتمثل بصخور فتاتية وبركانية قاعدية إلى حمضية التركيب . تعرضت المنطقة للتحويل لسحنة الشست الأخضر المنخفضة كما اعتراها تشوه واضح (Tayib and Al Shanti, 1983) ، و (Delfour 1967 & 1968) .

التمعدن من النوع العرقي (vein type) ، حيث تمتد العروق إما شمالا - جنوبا موازية تقريبا للاتجاه الرئيس لتطبق البركانيات أو شمال شرق قاطعا للتطبق . والتمعدن محكوم في غالب الأحيان بالصدوع والكسور أو حواف الجدد القاطعة .



شكل (١٥) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في مصينة الشمالية معدلة عن Tayib and Al Shanti (1983).

يحتوي التمعدن على البيريت والكلكوبيريت والمجنيثيت المنثور أو في تجمعات أو في عريقات في الصخور المضيفة . أما المعادن الغثة فتشمل الكالسيت والكلوريت والإبيدوت والكوارتز .

ويعتقد بأن التمعدن بركاني النشأة ، تكون بصحبة البركانيات في هيئة معادن منشورة أو مكونة شبكة ضعيفة من العريقات ، ثم تحرك بعد تكونه ليتجمع في الصدوع والتشققات بفعل المحاليل الحرمائية اللاحقة .

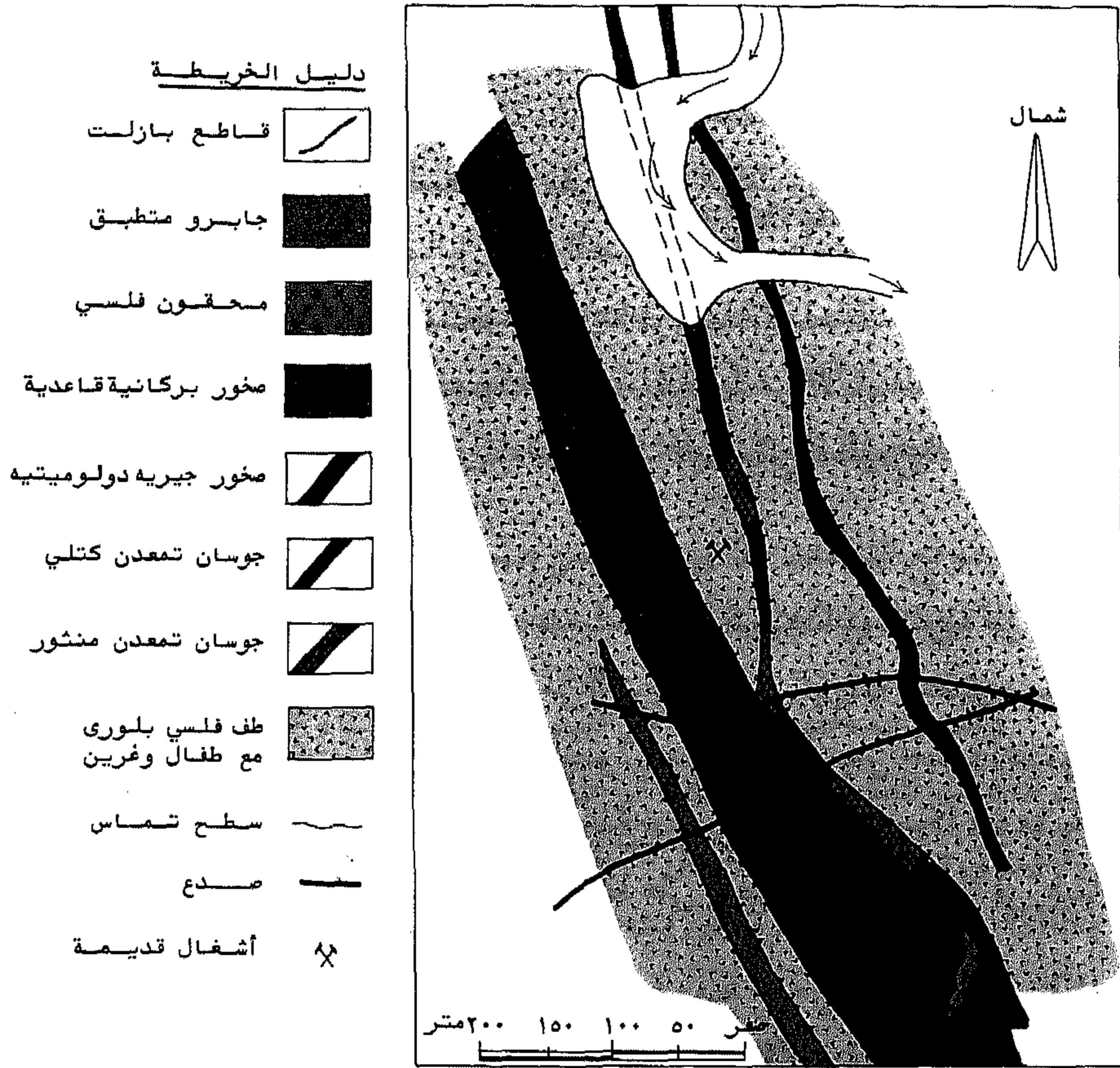
وبالرغم من أن منطقة التمعدن واسعة إلا أن مكامن التمعدن صغيرة ومحددة وموزعة على نحو واسع ، وتركيز الفلزات بها قليل لدرجة لا تجعلها ذات قيمة اقتصادية في الوقت الحاضر (Tayib and Al Shanti 1983) .

٦ المصانع Al Masane

يقع تمعدن المصانع في أقصى جنوب غرب المملكة ، شمال شرق مدينة نجران بالقرب من الحدود مع جمهورية اليمن على خط عرض ١٨°٢ شمالاً وخط طول ٥٩°٤٣ شرقاً (شكل ١) ، ويؤخذ من الاسم بأنها مناجم قديمة أطلق عليها اسم المصانع ، بقي منها أشغال ومناجم سطحية .

وتقوم شركة الدرع العربي للتعدين (Arabian Shield Company) على دراسة مواقع التعدين هذه والتنقيب فيها بالإضافة إلى مناطق ملاصقة لها ومجاورة بناء على عقد امتياز مع وزارة البترول والثروة المعدنية .

يوجد تمعدن المصانع في منطقة جبلية وعرة مكونة من طبقات شديدة الميل ، مطوية بطي متماثل تنحوسمالات - جنوباً ، (شكل ١٦) . تشمل هذه الطبقات الطّف البركاني والطفال والغرين تقطعها أجسام من الصخور الجوفية القاعدية . وطبقات الطّف والطفال جزء من دورات ترسيب لصخور بركانية رسوبية متطبقة مع صخور بركانية فلسية في إقليم يغلب عليه وجود البركانيات البازلتية والأنديزيتية المتحولة إقليمياً إلى سحنة الشست الأخضر المتدنية .



شكل (١٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادي صعدة - المصانع . معدلة من *Elsass et. al.* (1983).

التمعدن : أهم المناجم القديمة في المنطقة هي مناجم وادي صعدة والتي حفر معظمها على الأنطقة الحاوية للملاكت وأكاسيد النحاس ضمن أجسام الجوسان في الوادي في شعب الحوارة القريب منه .

يوجد الجوسان متطبقاً ومصاحباً لطبقات غير سميكة من الحجر الجيري الدولوميتي والطفال الموجود ضمن صخور طفية حمضية وقاعدية . وفي وادي صعدة يمتد منكشف الجوسان لمسافة ٢٠٠ م بعرض يتراوح بين ١٠ و ٢٠ متراً (شكل ١٦)، لذلك يعتبر أكبر موقع تمعدن سطحي في المنطقة .

يأخذ التمدن السطحي اتجاه شمال جنوب ويميل يصل إلى ٧٥ إلى الغرب .

ويمكن متابعة التمعدن السطحي بصورة متقطعة لمسافة خمسة كيلو مترات تقريبا (Elsass *et al.* 1983).

دلت التحاليل الكيميائية السطحية على وجود الزنك والنحاس والفضة وقليل من الذهب. وقد تأكد ذلك بتحليل اللب الصخري التي دلت على وجود معادن البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت والتيلوريدات بصفة أساسية. ودلت الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية المستفيضة وكذلك حفر العديد من الآبار الماسية على جودة المنطقة لإجراء المزيد من الدراسات. وبناء على ذلك قامت شركة الدرع العربي للتعدين بعمل نفق كشفي مائل على التمعدن.

وقد وجد أن التمعدن يشتمل على عدسات من الكبريتيدات المنشورة من البيريت والكلكوبيريت، يعتليها تمعدن شبه كتلي من البيريت والسفاليريت المتطبق، بصحبة طبقات جيرية وتلك وصوان وكلوريت أسود، موجودة ضمن طبقة أشمل من البركانيات الفلسية. يَسْفُل نطاق التمعدن وحدة صخرية قاعدية سميكة، كما يعتليه وحدة صخرية بركانية رسوبية فلسية تحتوي أحيانا على بعض تمعدن البيريت في طبقات من الطفال الأسود (Smith *et al.* 1984).

ويعتقد المؤلف أن تمعدن منطقة المصانع هو من النوع الكبريتيدى المتعدد الفلزات البركاني النشأة والمتوافق مع تطبق الصخور البركانية والبركانية الفتاتية في بيئة أقواس جزيرية تتبع أقدم الدورات البركانية للدرع العربي.

وفيما يلي اقتصاديات تمعدن المصانع :

الموقع	الاحتياطي مليون طن	نحاس %	زنك %	ذهب جم / طن	فضة جم / طن
صعدة وحوارة	٦	١,٥	٤,٩	١,٢	٣٧,٦
معيض	١,٠٣	١	٧,٦	١,٤	٦٥,٩
المجموع	٧,٠٣				
معدل المحتوى		١,٤٤	٥,٣٣	١,٢٥	٤١,٧٦

هذا ويمكن استخراج ما معدله ١٥٠٠ طن خام يوميا لاستخراج مركز النحاس والزنك، أما الذهب والفضة فيُستخرجان كناتج جانبي.

٧) الصفرة As Safrah

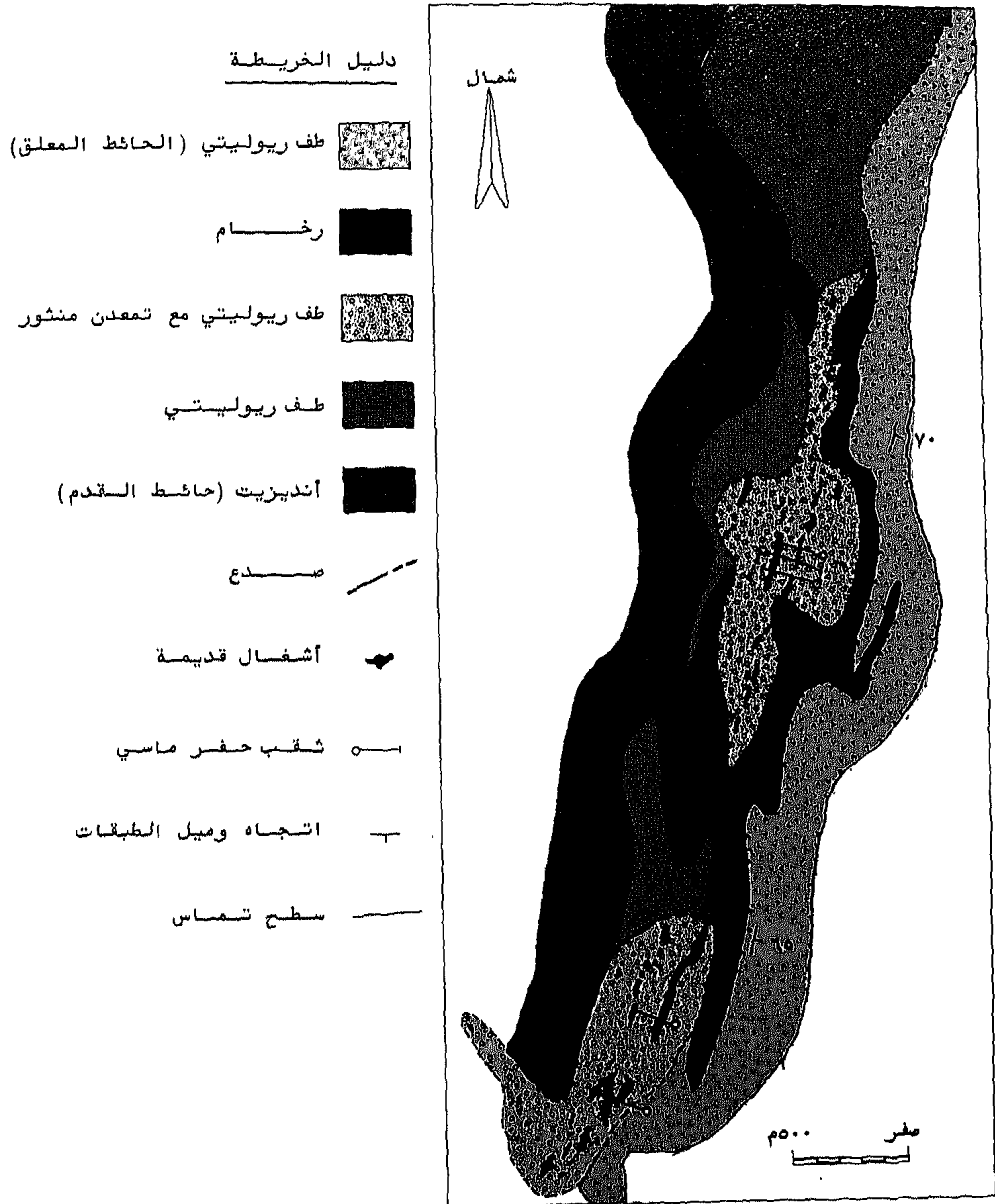
يقع تمعدن الصفرة ضمن الجزء الأوسط للدرع العربي على خط عرض ٢٤°١٣ شمالا وخط طول ١٥°٣ شرقا على بعد حوالي ٤٠٠ كم شمال شرق جدة وعلى ارتفاع ٩٠٠ م عن سطح البحر (شكل ١٧).

وموقع التمعدن هذا يوجد ضمن صخور مجموعة الحليفة، في أرض مستوية تقريبا إلا من بعض التلال الصغيرة المتباعدة.

تتكون صخور المنطقة من فيوض الأنديزيت والريوليت ومشتقاتها من البركانيات الفتاتية وطبقات الرخام الرسوبية والطّف الريوليتي المتأثر بالتحول الكلوريتي والسريسيتي (شكل ١٧). حقنت في جميع هذه الصخور جدد متوافقة (sills) مكونة من ميكروديوريت وديابيز. كما توجد جدد قاطعة أخرى من الميكروجرانيت على هيئة تجمعات قاطعة المنطقة، يعتقد بأنها قاطعة للتمعدن كذلك (Conreux and Delfour 1980, El Mahdy 1980, Duhamel 1971).

التمعدن : ينحصر تمعدن الصفرة الذي توجد عليه الحفور القديمة، في طبقة من الطّف الريوليتي بطول ٥ كم وعرض ٥٠٠ م تتجه شمال شمال شرق وتميل إلى الشرق. المعادن الموجودة تحت نطاق التأكسد، هي البيريت والكلكوبيريت والمجنيتيت وقليل من السفاليريت منشورة بغير إنتظام في طبقة الطّف الريوليتي، أعيد تحريك التمعدن محليا بفعل التحول الإقليمي والمحاليل الحرمائية لتتجمع مع الكوارتز، الكالسيت والإبيدوت في العروق اللاحقة. أما المعادن الأخرى الموجودة بدرجة أقل مع هذه العروق فهي الجالينا والكوبانيت cubanite وتيلوريدات البزموت والرصاص، كما يوجد بعض المركزيت (El Mahdy 1980).

هذا وقد دلت الدراسات التنقيبية بالمنطقة على أن نسبة النحاس تصل إلى ٤ و ١٪ تقريبا وأن الذهب تصل نسبته من ١ - ٧ جم/طن.



شكل (١٧) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن النحاس في منطقة الصفرة . معدلة من El-Mahdy (1980) .

أما احتياطي الخام فيصل إلى حوالي ١٨ مليون طن . هذا ولازال موقع التمعدين هذا موضع اهتمام المديرية العامة للثروة المعدنية خاصة بعد أن وجد أن بعض طبقات الرخام في موقع التمعدين تحتوي على نسبة من الذهب أكثر من الصخور الأخرى .

(٨) منطقة وادي شواص Wadi Shwas Area

تقع منطقة وادي شواص على بعد حوالي ٣٤٠ كم شرق - جنوب شرق مدينة جدة ، في صخور بركانية طفحية ، وبركانية فتاتية ، ورسوبية بركانية متحولة ، تابعة لمجموعة صخور جدة ، محقونة بتدخلات من الجرانيت وخلافه . وتعتبر هذه المنطقة إحدى المواقع الهامة للتمعدين الكبريتيدي المتعدد الفلزات البركاني الأصل المتكون في بيئة أقواس الجزر والمتوافق مع الصخور المتطبقة في الدرع العربي (polymetallic volcanogenic stratabound sulfide mineralization) وتحتوي على رواسب النحاس والزنك وبعض الفضة والذهب ، إما على شكل كبريتيدات كتلية أو رواسب منثورة في الصخور البركانية والفتاتية البركانية المتحولة والمتغيرة بفعل النشاطات الحرمائية . ومن المواقع المتمعدنة في هذه المنطقة ، جبل جدمة والحجار والمحترق وشعبة الحمراء ووادي فرش وعدد آخر من المناجم القديمة أو من مواقع الجوسان الصغيرة الموزعة على المنطقة . ويعتبر موقع الجدمة من أهم هذه المواقع (شكل ٥) وسيؤخذ هنا كمثال لمختلف المواقع الأخرى . أما موقع تمعدن الحجار ، الذي كان يعتبر أحد مواقع النحاس في السابق ، فقد وجد أن المنطقة المؤكسدة منه تحتوي على ذهب طليق تصل نسبته إلى ٤ - ٦ جم/طن ، مما جعله أحد مواقع تمعدن الذهب .

(٨, ١) جبل جدمة Jabal Jadmah

يقع على خط عرض ٢٠° شمالاً وخط طول ٤١°٥٨ شرقاً ويشتمل على تتابع من الصخور البركانية ، والبركانية الفتاتية ، والرسوبية المتجولة إلى الشست والتي تدخلت فيها جدد قاطعة ومتوافقة من الريوليت (شكل ١٨) . تتبع جميع هذه الوحدات الصخرية مجموعة جدة . الصخور المضيفة للتمعدن متحولة ، وتحتوي على المعادن الثانوية مثل الكلوريت و«السيليكا» والجاسبر والكربونات . ويتمثل التمعدين على السطح بجوسان تمتد عدة مئات من الأمتار بعرض يتراوح ما بين ٢٠ - ٤٠ متراً ،

موازية لاتجاه التطبق في الصخور المضيفة . أظهر التنقيب بالحفر الماسي عدة أجسام كتلية ومنشورة تتكون من البيريت بصفة أساسية ، بالإضافة إلى بعض البيروتيت والكلكوبيريت والسفاليريت مع قليل من الجالينا والتتراهيدريت ومعادن التيلوريدات والكوفيليت والديجينيت ، إما منشورة في الصخر المضيف ، أو على شكل عدسات كتلية . يتميز البيريت بأنه مهشم ، ويملاً الكلكوبيريت شقوق التهشم به . والتمعدن في جبل جدمة زفيرى بركاني (volcanic exhalative) تكون في بيئة بحرية ، حيث ترسبت العدسات الكتلية ، وانتشرت معادن النحاس الموجودة في الصخور القاعدية الدقيقة الحبيبات بفعل المحاليل الحرمائية الصاعدة (Fujii and kato 1979) .

يقدر الإحتياطي في جبل جدمة بـ ١,٢٠٠,٠٠٠ طن من الخام الذي يحتوي على ١٣, ٢٪ نحاس و ٥٧, ١٪ زنك (Poloni & Cheesman 1980) .

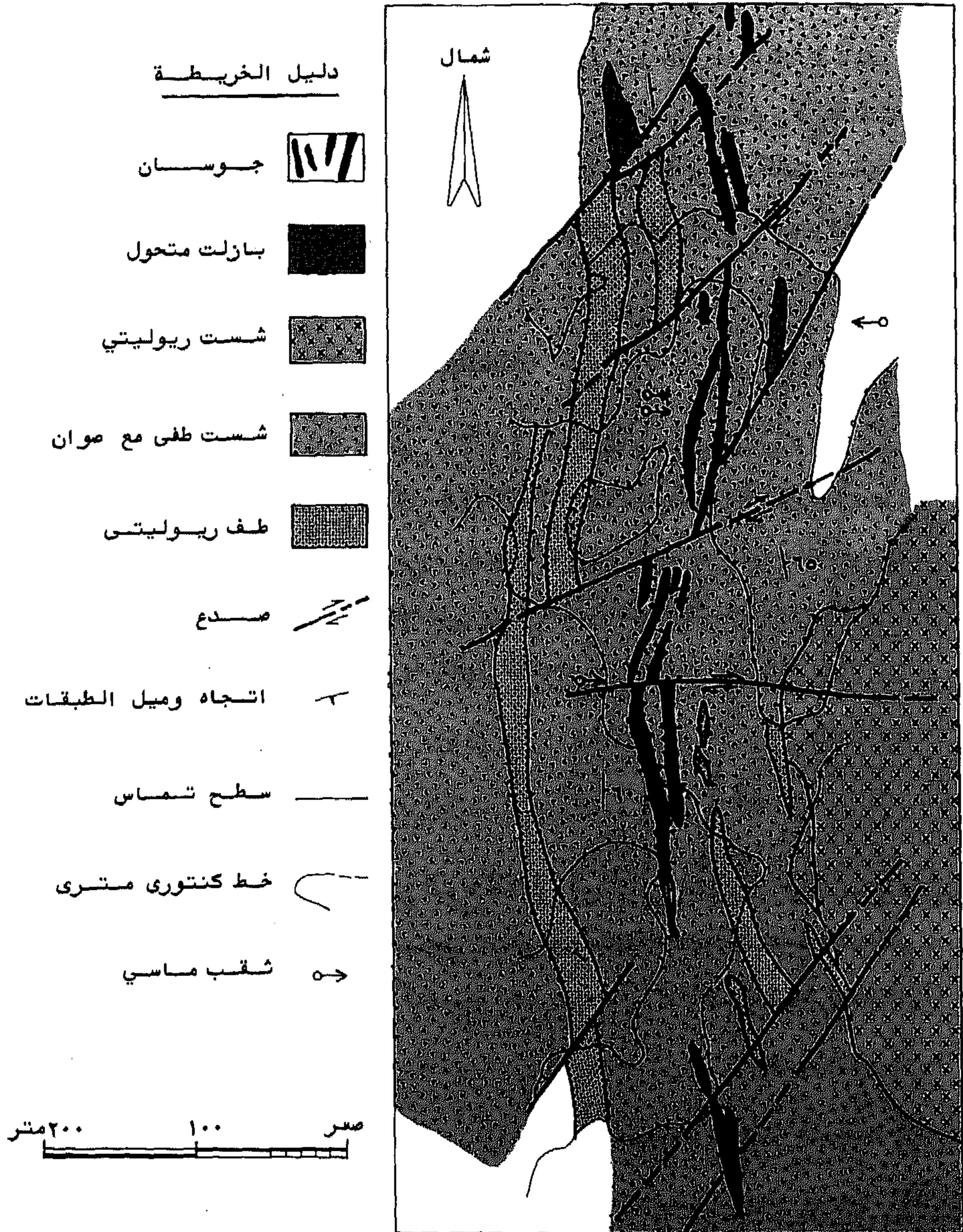
٨,٢) جنوب وادي شواص Wadi Shwas - South

يوجد في جنوب منطقة وادي شواص بعض مواقع تمعدن النحاس على شكل أجسام من الجوسان أو عروق قاطعة للصخور المضيفة . وفي العادة يوجد النحاس إما على شكل كبريتيدات منشورة في الصخور (disseminated) ، وإما على شكل كتلي (massive) في العروق ، أو كنتيجة للتحويل الميتاسوماتي الحافى (contact meta-somatic) .

وفيما يلي نذكر بإيجاز بعضاً من هذه المواقع :

٨,٣) جبل المش Al Mush

يقع هذا التمعدن على خط عرض ١٩°٤٩' شمالاً وخط طول ٤٠°٤١' شرقاً (شكل ٥) . وهو من النوع المنشور ، ويوجد على السطح على شكل ملاكيت وكريزوكولا وأكاسيد نحاس سوداء في صخور الشست الكلوزيتي التي تنحو شمالاً وميلها رأسي . يصل طول المنطقة المتمعدنة إلى حوالي ٥٠٠ م بعرض يصل إلى ٣٠ سم فقط وليست لها قيمة اقتصادية حالياً .



شكل (١٨) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الخدمة - منطقة وادى شواص . معدلة من Fujii and Kato (1979)

٤, ٨ (وادي فرش (Wadi Farsh)

يقع هذا التمعدن على خط ١٩٨١٥ شمالاً وخط طول ٣٠ ١٥٥٤ شرقاً (شكل ٥) وكما هو الحال في تمعدن جبل المش فهو من النوع المنشور في الشست الكلوريتي والموجود على السطح على شكل أكاسيد وكربونات وسيليكات النحاس . ولا تزيد منطقة التمعدن عن عشرين متراً طولاً وبعرض يصل إلى ٢٠ سم فقط ولذا فليس له قيمة اقتصادية حالياً .

٥, ٨ (شعبة الحمرا (Shabat Al Hamra)

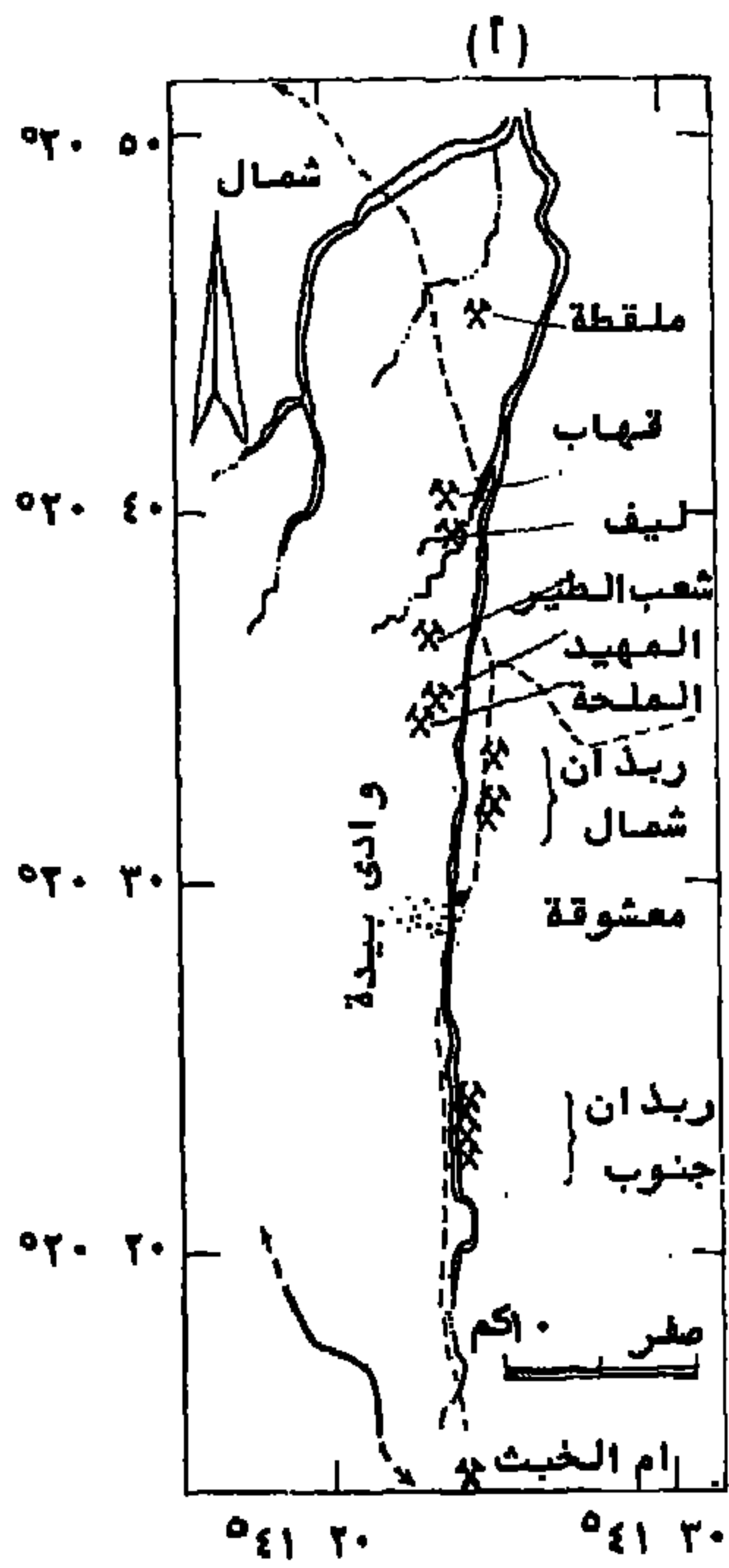
يقع هذا التمعدن على خط عرض ٣٠ ٤٩٦٩ شمالاً وخط طول ١٥٥٤ شرقاً في صخور أنديزيتية فتاتية متحولة (شكل ٥) (Ono 1976) . يتكون التمعدن السطحي من جوسان ليمونيتي سيليكاتي طيني في بريشيا الأنديزيت وهو من النوع الكتلي تظهر فيه أكاسيد وكربونات وسيليكات النحاس . يبلغ طول المنطقة المتمعدنة حوالي ٦٠ م بعرض ١٥ م تقريباً ، تنحو شمالاً موازية لتطبق الصخور البركانية وتميل بدرجة ٦٠ إلى ٧٠ شرقاً .

٦, ٨ (المحترق Al Mahtriq

يعتبر هذا الموقع (شكل ٥) من النوع الكتلي البركاني النشأة ، ويشتمل على ثلاثة مواقع متقاربة من الجوسان في صخور متحولة ومتغيرة بفعل النشاط الحرمائي ، ويحتوي الجوسان بالإضافة إلى الأكاسيد الحديدية على الملاكيت (Igarashi and Goto 1977 a) .

٩ (منطقة وادي بيده Wadi Bidah

تقع منطقة وادي بيده المتمعدنة على بعد حوالي ١٨٠ كم جنوب شرق مدينة الطائف ، في جبال الحجاز الجنوبية ، على ارتفاع يتراوح ما بين ١٢٠٠ - ١٥٠٠ م فوق سطح البحر (شكل ١٩ أ) . يوجد بالمنطقة العديد من المواقع المتمعدنة على جانبي الوادي من الناحيتين الغربية والشرقية . عُرِفَت واستغلت خلال القرنين الثامن والتاسع



حصي ورمال

جوسان

مجموعة صخور غرب بيدة

مجموعة صخور شرق بيدة

سطح تماس

صدع

اتجاه وميل الطبقات

شكل (١٩) أ - خريطة توضح مواقع التمعدين في منطقة وادي بيدة .

ب - خريطة جيولوجية لموقع تمعدن ريدان الجنوب .

معدلتان من Jackaman (1972) .

الميلاديين، أي خلال الخلافة الأموية والعباسية، كما تدل على ذلك الآثار القديمة من منازل وخبث وأدوات تعدين بدائية. تؤكد ذلك بتقدير عمر الفحم الذي وجد مع الخبث في هذه المواقع عن طريق نظائر الكربون. ويُعتقد بأن النشاط التعديني في هذه المنطقة كان لاستخراج الذهب وبعض النحاس حيث إن الخبث المتروك يحتوي على نسبة عالية من النحاس. وأهم مواقع تمعدن وادي بيده هي ريدان الشمال والجنوب وشعب الطير وقهاب وليف والملحة والمهيد والملقطة (شكل ١٩ أ، و ٢٢) بالإضافة إلى مواقع المحاوية وأم الخبث وغيرها الموجودة للغرب من وادي بيده في منطقة المحاوية أو للجنوب في منطقة الباحة (شكل ٢٢) لكنها تقع في نفس حزام وادي بيده الصخري (Earhart and Mawad 1970، و Jackaman 1972).

يأخذ التمعدن السطحي في منطقة وادي بيده شكل عدسات متطبقة من الجوسان في صخور ما قبل الكمبري. تعرضت هذه الصخور منذ نشأتها للتهشم والطي والتحول الإقليمي إلى سحنة الشست الأخضر.

وقد اخترقت محقونات جوفية مختلفة التركيب الصخور المضيفة للتمعدن، مما أثر على الرواسب المعدنية ذاتها، بإضفاء تحول حافّي عليها مع إعادة تبلّر مكوناتها. وتشمل الصخور المضيفة بالمنطقة نواتج نشاطات مميزة لأقواس جزر (island arcs) حيث تكونت البركانيات الفتاتية الكلسقلوية متوسطة التركيب التي تتبع مجموعة صخور بيش، أقدم الصخور المتطبقة في الدرع العربي. صاحب ترسب الكبريتيدات المعدنية ترسب البركانيات الفتاتية في بيئة بحرية، ثم تعرضت مع صخورها المضيفة لعوامل التهشم والتحول (Jackaman 1972).

هناك أربعة نطق تمعدن متطبقة مع البركانيات الفتاتية في منطقة وادي بيده، تمتد لمسافة أربعين كيلو متراً على جانبي الوادي الذي يتجه شمالاً، وتتشابه جميعها في ملامحها الجيولوجية الرئيسة. دلت الدراسات والأبحاث المختلفة على هذه الرواسب المعدنية على أنها من النوع البركاني المنشأ المترسب في بيئة بحرية ضحلة، كما دلت على أن الكبريت الذي تفاعل مع الفلزات مكونا الكبريتيدات كان ناتجاً عن زفرات بركانية وليس ناتجاً عن نشاطات عضوية (Kiilgaard *et al.* 1978)، و

(Jackaman 1972) .

وكما هو الحال في معظم رواسب الكبريتيدات الكتلية في أماكن كثيرة من العالم يكون معدن البيريت المعدن الرئيس في هذه الرواسب . وبالإضافة ، تحتوي مواقع التمعدين في وادي بيده على كبريتيدات النحاس والزنك مع قليل من الذهب والفضة والرصاص . ويعتبر الذهب والنحاس أهم الفلزات الاقتصادية في هذه المنطقة .

دلت دراسة أنسجة الكبريتيدات على أن السفاليريت والكلكوبيريت والجالينا لها علاقة تماس مع البيريت مما يشير إلى احتمال ترسبها وتبلورها في مرحلة لاحقة للبيريت حيث تكون في معظم الأحيان لاحمة للبيريت المهشم . ويمتد نطاق التأكسد في هذه المناطق إلى حوالي ٤٠ م من السطح ويحتوي في العادة على معادن الكلكوسيت والكوفيليت والبورنيت والكريزوكولا الناتجة عن تأكسد الكلكوبيريت . أما معدن البيريت فقد تحول في منطقة الجوسان والمنطقة المؤكسدة عامة إلى شبكة من معادن الجيثيت والهيماتيت المائي والليمونيت التي تحتوي على عريقات دقيقة من الملاكيت والكريزوكولا والأزوريت (Jackaman 1972) . وفيما يلي نعرض بشيء من التفصيل لأهم مواقع التمعدين في وادي بيده .

٩,١ ريدان Rabathan

يقع هذا المنجم القديم في الجزء الجنوبي من وادي بيده على خط عرض ٢٤°٢٠ شمالاً وخط طول ٢٣°٤١ شرقاً (شكل ١٩ أ) . ويتميز بوجوده في صخور الطف القاعدية الجيرية والشست الجرافيتي من مجموعة بيش على جانبي ومقدمة طية محدبة وممزقة ممتدة إلى الشمال وغطاسة بدرجة ٥٠ شمالاً (شكل ١٩ ب) .

يمتد التمعدين متقطعاً في منطقة ريدان لمسافة تصل إلى ١٧ كيلو متراً على الجانب الشرقي من وادي بيده (ريدان الشمال وحتى ريدان الجنوب) ، في صخور مضيضة من الفيوض البركانية والصخور الفتاتية البركانية والرسوبية . المنجم القديم عبارة عن مجموعة من الخنادق الصغيرة والحفر وبعض أكوام من الخبث والبيوت القديمة حول قليل من منكشفات الجوسان .

وهناك أربعة أجسام متمعدنة في ربذان تمثل أهم التمعدنات في منطقة وادي بيدة. تتكون هذه الأجسام تحت نطاق التأكسد السطحي من البيريت والبيروتيت المهشمة والمقطوعة بالكلكوبيريت والسفاليريت اللاحقين لهما مع قليل من الذهب والفضة. وقد قدرت كمية الاحتياطي بحوالي ٥, ١ مليون طن من الخام المحتوي على ٣, ٢٪ نحاس و ٣, ٠٪ زنك و ٨٥, ٢ جم / طن فضة و ١٦, ٠ جم / طن ذهب لعمق ١٣٠ متراً (Kiilsgaard *et al.* 1978). أما شركة ريوفينيكس (Riofinex 1979) فقد قدرت الاحتياطي بحوالي ٥, ١ مليون طن تحتوي على ٨, ٢٪ نحاس في كتلة بطول ١٧٦ م وعرض ١٠ م وعمق ٧٠ م.

٩, ٢) شعب الطير Shaab At-Tare

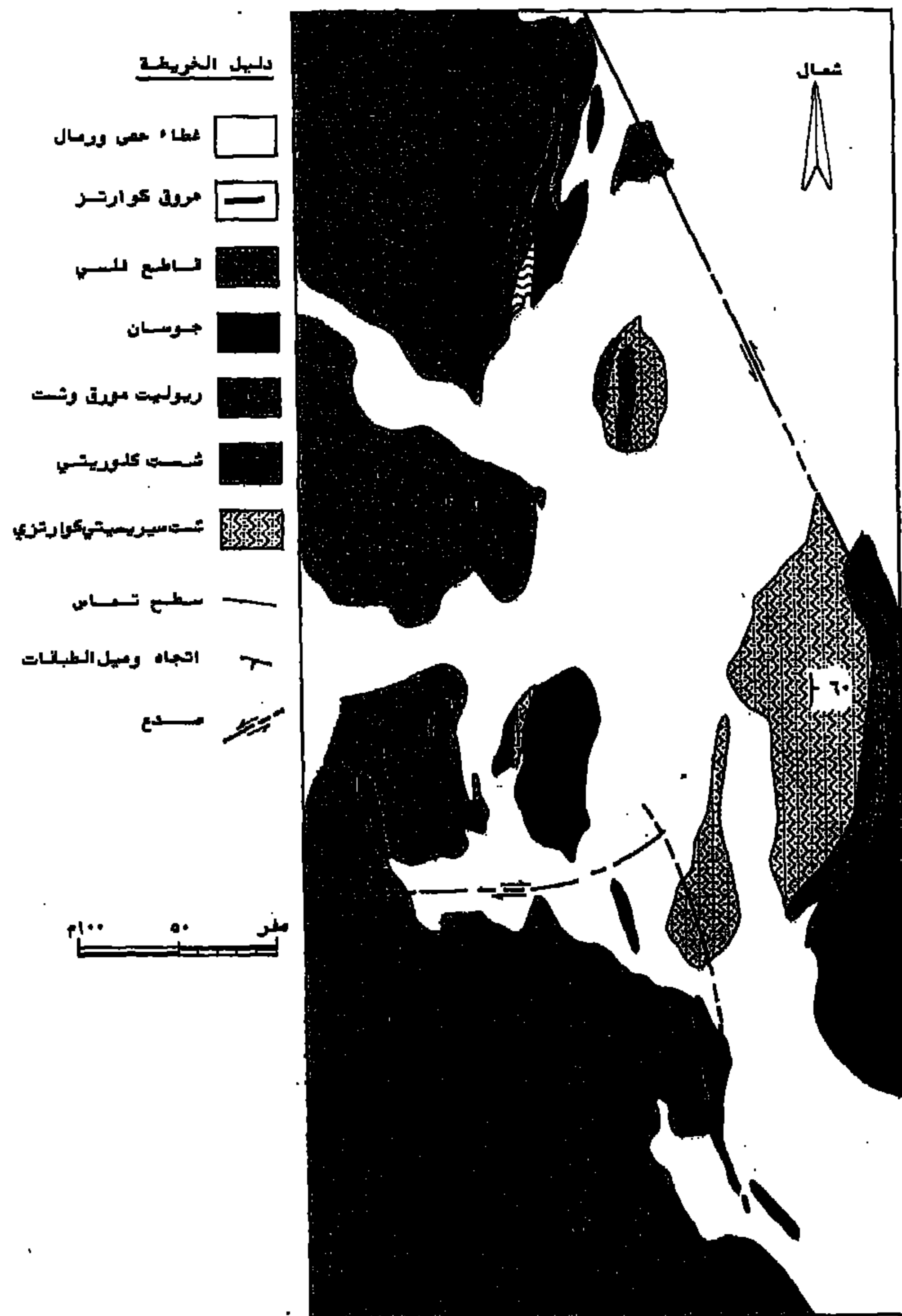
يوجد هذا الموقع وسط منطقة وادي بيدة على خط عرض ٣٥° ٢٠ شمالاً، وخط طول ٢٢° ٤١ شرقاً (شكل ١٩ أ). يتركز التمعدن في سبعة أماكن تمعدن سطحي على شكل جوسان متقطعة ومنفصلة في حزام بطول ٥٥٠ متراً وعرض ٣٥ متراً (شكل ٢٠). يتمثل التمعدن في عدسات من الكبريتيدات الكتلية والمنثورة، يكون البيريت المعدن الرئيس فيها، ويصاحبه في العادة الكلكوبيريت والسفاليريت وقليل من الذهب الطليق والجالينا، ويمثل الكوارتز المعدن الغث الرئيس. لقد تأثرت الكبريتيدات عموماً، والبيريت خاصة، بالتهشم العنيف في نُطق الصدوع والتمزق.

قدرت احتياطيات المنطقة بحوالي أربعة ملايين طن من الخام الذي يحتوي على ٣٦, ٠٪ نحاس و ٩, ١٪ زنك و ٦٤, ٣ جم / طن فضة و ٥٥, ٠ جم / طن ذهب (Smith *et al.* 1984 و Riofinex 1979 و Kiilsgaard *et al.* 1978) و (Jackaman 1972).

٩, ٣) قهاب Gehab

يقع هذا المنجم القديم على خط عرض ٤١° ٢٠ شمالاً وخط طول ٢٤° ٤١ شرقاً (شكل ١٩ أ)، على جانبي طية محدبة غاطسة بميل ١٥° إلى الجنوب. تشمل الصخور المضيفة بريشيا البازلت، والطف والصوان الحديدي والجاسبر المحقونة بجسم

من البورفيري الكوارتزي . تحل أجسام التمعدن الكبريتيدية العدسية الشكل محل البورفيري الكوارتزي في نطاقات التمزق الممتدة شمال - جنوب ، موازية للملامح التركيبية السائدة في المنطقة (شكل ٢١) . يشمل التمعدن البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت وقليلاً من الذهب أحياناً في الصخور المتحولة ، ويعتبر الكلوريت والكربونات والكوارتز والبيريت والإبيدوت نواتج لعمليات التغير التي صاحبت التمعدن؛ ويوجد البيريت ضمن المعادن الغثة في هذا التمعدن .



شكل (٢٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن شعب الطير بوادي بيده . معدلة من Earhart and Mawad (1970) .



شكل (٢١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن قهاب في منطقة وادي بيدة . معدلة من Earhart and Mawad (1970)

تكوّن التمعدن في المنطقة بعد سلسلة معقدة من الأحداث، شملت الطي والتحول وتدخل أجسام البورفيري الكوارتزي المتوافقة. يسود الاعتقاد بأن تكون التمعدن قد حدث على مرحلتين: الأولى نتيجة الإحلال لوحداث الصخور المناسبة (الطف الجيري والبورفيري الكوارتزي) بوساطة البيريت والبيروتيت، والثانية إحلالية متأخرة للبيريت والكلكوبيريت المتهشم بوساطة الكلكوبيريت والسفاليريت والمعادن النفيسة وما صاحبها من معادن الكربونات والباريت والكوارتز، بعد حدوث دورة طي وتهشم وتمزق ثانية (Riofinex 1979 و Kiilgaard *et al.* 1978 و Jackaman 1972).

أثبت الحفر الماسي بالموقع وجود تمعدن كتلي ومثور يمتد بطول ٢٥٠ متراً وسماك يتراوح بين ٤ و ٧ م، وعلى هذا الأساس قدر الاحتياطي في المنطقة المتعدنة (بطول ٣٠٠ م وسماك ٤ - ٧ م وعمق ١٣٠ م على الأقل) كالآتي:

٨٤,٠٠٠ طن تحتوي على ٢٨,١٪ نحاس و ٨٧,٠٪ زنك و ١ جم/طن ذهب و ٧,٤ جم/طن فضة، كما قدر جسم آخر من التمعدن باحتوائه على ٤,١ - ٩,١ مليون طن يحتوي على ٦٤,٠ - ٢٦,١٪ نحاس و ٤٥,١٪ زنك (Smith *et al.* 1984).

٩,٤ ليف Leif

يوجد تمعدن ليف إلى الشمال من موقع شعب الطير (شكل ١٩ أ)، في صخور الشست الكلوريتي القاعدية المشتقة من البازلت ومن الأنديزيت. ولا يوجد في الموقع ما يدل على استغلاله في الأزمنة السابقة.

التمعدن هنا من النوع المنشور من البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت الموجود في عدسة ممطولة تنكشف على السطح على شكل جوسان ضعيف، تقطعه صدوع تتجه شرق - غرب وعليها زحزحات من ١٠ إلى ٢٠ متراً. كما تكثر في هذا الموقع الجدد القاطعة القاعدية المتحولة إلى الشست.

ولم تثبت الدراسات التنقيبية على موقع التمعدن هذا، بما في ذلك الحفر

الماسي، أية قيمة اقتصادية له. قدر الاحتياطي بنصف مليون طن تحتوي علي ٠,٧ و ٠,٠٪ نحاس و ٠,٢ و ٠,٠٪ رصاص و ٥,٢ و ٢,٠٪ زنك و ٦,٦ جم/طن فضة (Smith *et al.* 1984).

١٠ (منطقة المحاوية - الباحة Mahawiyah - Al Bahah

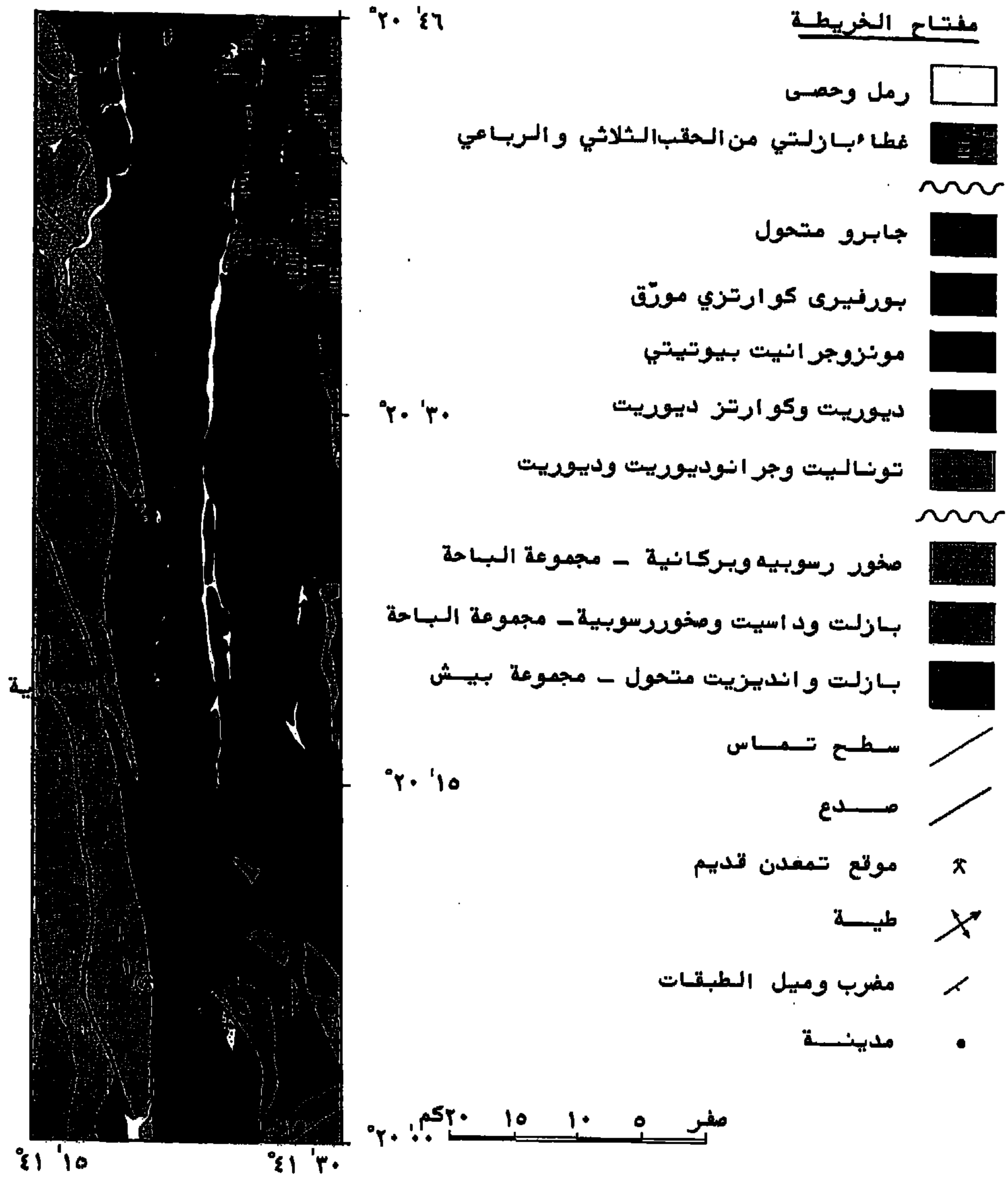
بالإضافة إلى ما سبق ذكره من مواقع تمعدن في وادي بيده، فهناك العديد من مواقع المناجم القديمة، وتمعدنات الجوسان في صخور مجموعة بيش البركانية والفتاتية البركانية القاعدية المتحولة إلى الشست تقع في نفس حزام وادي بيده الصخري، في المنطقة بين المحاوية والباحة (شكل ٢٢). تحتوي هذه التمعدنات على السطح في العادة على الملاكيت والكريزوكولا بالإضافة إلى الأكاسيد الجديدة.

تقع منطقة المحاوية - الباحة كما هو الحال في منطقة وادي بيده ضمن الصخور المتطبقة لمجموعتي بيش والباحة المتكونين من قشرة محيطية في بيئة أقواس جزر بدائية وبذلك يكون التمعدن المصاحب في هذه المنطقة بركاني الأصل والنشأة من نوع متعدد الفلزات الكبريتيدية والمتوافق مع تطبق الصخور المضيفة (polymetallic volcanogenic stratabound sulfide mineralization).

وفيما يلي عرض لبعض أهم المواقع في هذه المنطقة :

١ و ١٠ (المحاوية (المعدن) Al-Mahawiyah (Al-Maaden)

يقع منجم المحاوية القديم على خط عرض ٢٠°١٩'٤٠ شمالاً وخط طول ١٠°٢٠'٤١ شرقاً (شكل ٢٢). وأحياناً يطلق عليه اسم المعدن. تتبع الصخور المضيفة للتمعدن مجموعة بيش وهي ذات درجة تحول متدنية (سحنة الشست الأخضر). وتشمل الشست السريسيتي الكوارتزي، والشست الأكتينوليتي الكلوريتي، والفيليت، والطّف الأنديزيتي، المتطبقة مع بعضها البعض بصورة يصعب معها الفصل بينها. تعرضت هذه الصخور للتهشم والتصدع والطّي لعدد من الدورات التكتونية. كما تقطعها مجموعة من قواطع الريوليت والأنديزيت وكذلك عروق الكوارتز. يرى بعض الجيولوجيين أن التمعدن قد نشأ مصاحباً لقواطع الأنديزيت، في حين يرى



- (١) ملقطة . (٢) قهاب . (٣) ليف . (٤) شعب الطير . (٥) الملح . (٦) خيال المصنعة (السوت)
 (٧) ربدان الشمال . (٨) المحاوية . (٩) المنفعة . (١٠) ربدان الجنوب . (١١) ام الخبث
 (١٢) جبل الازهر . (١٣) جبل مريخ . (١٤) الصلر .

شكل (٢٢) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدين في كل من وادى بيدة ومنطقة المحاوية . معدلة من Cater and Jhonson (1987) .

البعض الآخر صحبته للعروق التي نشأت عن الحركات التكتونية في المنطقة . يحتوي التمعدن على البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت والجالينا والتتراهيدريت ، بالإضافة إلى بعض المعادن الثانوية ، مثل البورنيت ، والكوفيليت ، والليمونيت ، والملاكيت ، والكريزوكولا . يوجد التمعدن على هيئة أجسام من الكبريتيدات الكتلية والمنشورة والتي غالباً ما تقل عن المتر الواحد في امتدادها (Al Koulak 1981) .

١٠,٢) المنضحة Mandahah

يقع هذا المنجم القديم على خط عرض ٢٠°١٩'٥ شمالاً وخط طول ٤١°٢٠'٥ شرقاً (شكل ٢٢) . يوجد على حافة قواطع قاعدية متجهة للشمال في الطّف الجيري المطوي بشدة . دلت الدراسات على وجود معادن النحاس والزنك في الجوسان والشست السريسيتي الكوارتزي المبعق بأكاسيد حديدية (Mawad 1980) .

تشمل المعادن الأولية البيريت والكلكوبيريت والجالينا والسفاليريت المنشورة في الشقوق وأسطح مستويات التمزق في الموقع (Smith *et al.* 1984) . والموقع ليست له قيمة اقتصادية في الوقت الحاضر .

١٠,٣) جبل الأزهر Jabal Al Azhar

تقع هذه المنطقة على خط عرض ٢٠°٩'٤ شمالاً وخط طول ٤١°٢٧'١ شرقاً . تتكون هذه المنطقة من عدد من مواقع الجوسان يتراوح كل منها ما بين ١٠ - ١٠٠ متر موزعة على طول نطاق تمزق (shear zone) متجهة للشمال بطول ٢٢٠٠ م ، في صخور الطّف القاعدية ، أو بالقرب من حدود التماس بين هذه الصخور وأجسام محقونة فيها من الجابرو أو الديوريت . يوجد التمعدن في نطق التمزق ، أو كعدسات في بعض طبقات الطّف الصغيرة ، بالقرب من هذه النطق المتعدنة . تدل الدراسات الجيوكيميائية السطحية على وجود تركيزات غير هامة من النحاس والنيكل والفضة (Goldsmith 1971) .

١٠,٤) جبل مريع Jabal Murrayi

يقع هذا التمعدن على خط عرض ٢٠°٦'٥ شمالاً وخط طول ٤١°٢٤'١

شرقاً . ويحتوي على واحدة من أكبر العدسات الغنية بالنحاس في صخر الواكي البركاني، حيث يبلغ طولها ١٥٠ م وعرضها ٥ م. تقع العدسات المتمعدنة على حافة نطاق صدعي به شواهد تغير حرماثي . يتميز الصخر المتمعدن بالنحاس بكونه سيليسي كتلي وبلون بني خفيف . توجد الكريزوكولا والملاكيث وقليل من أكاسيد الحديد مشورة في الصخر وعلى الشقوق الصغيرة القاطعة . تبلغ نسبة النحاس في العدسات المتمعدنة ٩, ١٪ (Worl and Flanigan 1977) .

١٠, ٥ أم الخبث Umm Al-Khabath

تقع على خط عرض ٢٠°١٠ شمالاً وخط طول ٣٠°١٢ شرقاً (شكل ١٩ أ)، وهي عبارة عن منجم قديم يحتوى على آلاف من أطنان الخبث الحاملة للنحاس . المتمعدن عبارة عن نطاق تمزق (قص) (shear zone) يحمل عدداً من عدسات الجوسان، والمناجم القديمة، وبعض الكاليش السطحي الحامل للملاكيث . تشمل الصخور المضيفة طفاً قاعدياً وطفاً قاعدياً جبرياً وقواطع قاعدية ، وجميعها تتبع مجموعة بيش . تتميز نطق القص بوجود الشست السريسيتي الكوارتزي . قطعت ثقب الحفر الماسي مناطق تغير حرماثي واسعة مع عروق من الكوارتز، تحمل بعض البيريت دقيق الحبيبات، وقليلًا من الكلوكوبيريت والسفاليريت المتشور وبعض التلك . يصاحب تمعدن الكبريتيدات المذكورة نُطق التغير الحرماثي في الصخر المضيف مع السلكتة والتحول إلى السريسيت، ولا توجد قيمة اقتصادية لهذا الموقع في الوقت الحالي (Worl 1977) .

١٠, ٦ ملقطة Mulgatah

يقع على بعد حوالي ١٧ كيلو متراً شمال موقع تمعدن شعب الطير وعلى خط عرض ٢٠°٤٦ شمالاً وخط طول ٣°٢٢°١٢ شرقاً (شكل ١٩ أ) يتكون المنجم القديم من خندق طوله ١٦٥ متراً، ويتراوح عرضه من ٣ إلى ٥ أمتار، وعمقه من ٢ إلى ٣ أمتار . وهناك حوالي ٩ حفر عميقة في قاع الخندق، ويوجد بجواره كمية كبيرة من النفايات والخبث .

تتكون الصخور المضيفة لتمعدن الملقة من صخور الحجر الأخضر المتحول

(metamorphic greenstone) من البازلت ، ومن الشست الكلوريتي الكوارتزي ، ومن الريوليت المتحول ، ومن وحدة صخور بركانية أحدث من الصخور السابقة . يقطع هذه الصخور بعض عروق الكوارتز التي تأخذ اتجاه الشمال في كثير من الأحيان . تشكل هذه الصخور جزءاً من طية إقليمية محدبة ينطبق محورها مع اتجاه وادي بيدة الذي يتجه شمالاً .

يستنتج من دراسة نفايات المنجم ، أن التمعدن كان موجوداً على نطاق التماس (contact zone) بين صخر الريوليت المتحول ، وصخر البازلت المتحول إلى الحجر الأخضر . المعادن الرئيسية الموجودة هي البيريت والبيروتيت والكلكوبيريت والسفاليريت وإن كانت التحاليل الكيميائية قد أظهرت وجود قليل من الذهب والفضة بالتمعدن (Smith *et al.* 1984 و Kiilsgaard *et al.* 1978) .

٧, ١٠ (الملحة (ملحة المهيد) Mulhah (al-Mehaid)

يقع منجم الملحة في الجزء الغربي من وادي بيدة (شكل ١٩ أ) ، على بعد عشرة كيلو مترات جنوب موقع تمعدن شعب الطير ، في منطقة وعرة في أعلى قمة جبلية . يبدو من كمية الخبث الضخمة الموجودة حول المنجم أن موقعه كان من أكثر المناطق كثافة تعدينية .

والمنجم القديم عبارة عن مجموعة من الحفر يصل طول أكبرها إلى ١٨ متراً بعمق ٦ أمتار وعرض ١٠ أمتار ، وهناك نطاق من الجوسان يبلغ طوله حوالي ٨٠ متراً .

تكون الصخور المضيفة للتمعدن من الشست الكلوريتي ، والشست السريسيتي الكوارتزي ، وصخر الريوليت المتحول ، كما يقطعها بعض عروق الكوارتز وقليل من عروق الباريت . تأثرت صخور المنطقة بالتحول لدرجة الشست الأخضر والتهشم . يوجد التمعدن ضمن طية مقعرة تتجه للشمال الشرقي موازية للتورق (foliation) في الصخور .

أما المعادن الرئيسية الموجودة فهي البيريت والأرزينوبيريت وبعض معادن الزنك والنحاس مع آثار من الذهب والفضة . كما يوجد بعض الذهب مصاحباً لعروق الباريت (Goldsmith 1971 و Metz *et al.* 1971 و Smith 1963) .

(١٠, ٨) خيال المصنعة (السوت) (As-Sut)

يقع منجم خيال المصنعة غرب وادي بيده، وشمال وادي المحاوية على نفس امتداد تمعدن شعب الطير والملحة وعلى بعد حوالي عشرة كيلومترات جنوب جنوب غرب منجم ريدان (شكل ٢٢). وتشمل الصخور المضيفة صخور الأنديزيت الشستية المتطبقة مع بعض صخور الفيليت والكوارتزيت السريسيتسي. تكثر عروق الكوارتز الدقيقة في أسطح التورق. أما العروق الكبيرة التي عادة ما تحتوي على كربونات حديدية فتكون قاطعة للصخور وغير متوافقة (Metz *et al.* 1971).

يشتمل المنجم القديم على خندق طوله ٣٥ متراً وعمقه ٥ أمتار وعلى عرق رأسي من الكوارتز يتجه شمالاً موازياً لنطاق قص واضح (shear zone) يبلغ سمكه حوالي ٣٥ سم، ويحتوي على الباريت في بعض أجزائه. أما التعددين القديم فقد كان مركزاً على نطاق القص حيث تحتوي الصخور المضيفة على بعض الهيماتيت بالإضافة إلى بعض الملاكيت في نطاق القص ومع عروق الكوارتز.

تتكون الصخور المضيفة من الطّف الأنديزيتي، والطّف الفلسي، والواكي البركاني، والشست الجيري، والصوان والتي تأثرت جميعها بالتحول والتهشم والطي. يحتوي التمعدن، كما بينت التحاليل الكيميائية، على بعض الزنك والنحاس وقليل من الذهب والفضة.

(١٠, ٩) الصفر (As-Sifer)

تقع منطقة منجم الصفر على بعد حوالي ٢٠ كم شمال غرب الباحة و ١٠ كم غرب طريق الطائف - الباحة. والمنطقة جبلية وعرة تحوي صخوراً رسوبية متحولة مثل الحجر الرملي الناعم والحجر الطيني (siltstone and argillite) وأنديزيت طفحي، وأنديزيت بورفير، بالإضافة إلى العديد من طبقات الصوان الحديدي الرفيعة وعدسات من المنجنيز، مما يدل على بيئة ترسيب بحرية هادئة. ويبدو أن هذه الصخور في مجموعها قد تعرضت لطي معقد.

أما بالنسبة للتمعدن في هذا الموقع فهناك كمية قليلة من الملاكيت وجسمين من

الجوسان، الأول يبلغ طوله ٣٠ متراً وعرضه ٤ أمتار. أما الثاني فيبدو أنه مكون من عدسات متصلة طولها الإجمالي حوالي ١٠٠ متر تقريباً. وتحتوي عدسات المنجنيز المتداخلة مع الصوان على نسبة عالية من النحاس. دلت التحاليل الكيميائية للعينات السطحية على وجود بعض الذهب والنحاس والزنك والمنجنيز (Goldsmith 1971).

(١١) منطقة وادي يبا Wadi Yiba

يوجد عدد من مواقع التمعدين في هذه المنطقة والمحددة بخطوط عرض ١٨٥٠ و ١٩١٥ شمالاً وخطوط طول ٤١٦٥ و ٤١٥٠ شرقاً. (شكل ٢٣ و ٢٤). تقع هذه المنطقة على بعد حوال ٧٠ كم شرق مدينة القنفذة على البحر الأحمر. تتكون الصخور المضيفة للتمعدين في المنطقة من الصخور الرسوبية المتطبقة مع الصخور البركانية التابعة لمجموعة عبله وجميع الصخور مشوهة بدرجة كبيرة إلى طيات محكمة دقيقة داخل طية كبيرة مقعرة ومحكمة غاطسة للشمال. كما أن الصخور جميعها متحولة إلى سحنة الشبست الأخضر أو إلى سحنة الأمفيبوليت. كما يخترق هذا التتابع الرسوبي البركاني في الشمال محقوناً جرانيتياً وعدداً من الجدد القاطعة المختلفة التركيب (Earhart 1968).

ويعتقد المؤلف أن التمعدين في منطقة وادي يبا هو من النوع المتعدد الكبريتيدات ذي النشأة البركانية المصاحب للصخور الرسوبية الجيرية والفتاتية في بيئة ترسيب خندقية خلف قوس جزيري (back arc rift related volcanics associated with carbonates and sediments).

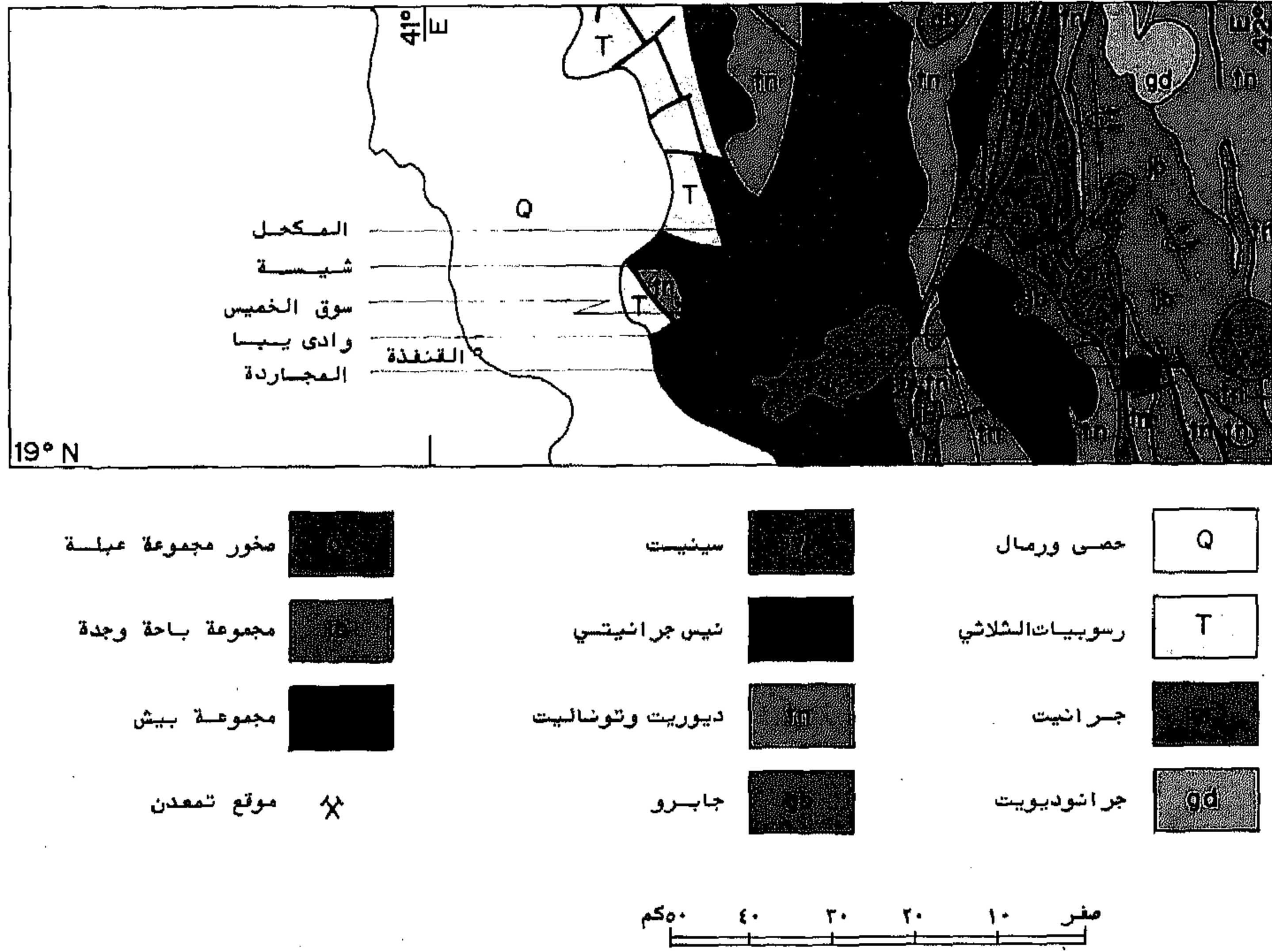
وأهم المواقع المتمعدنة في المنطقة هي :

(١١, ١) وادي ثربان Wadi Tharban

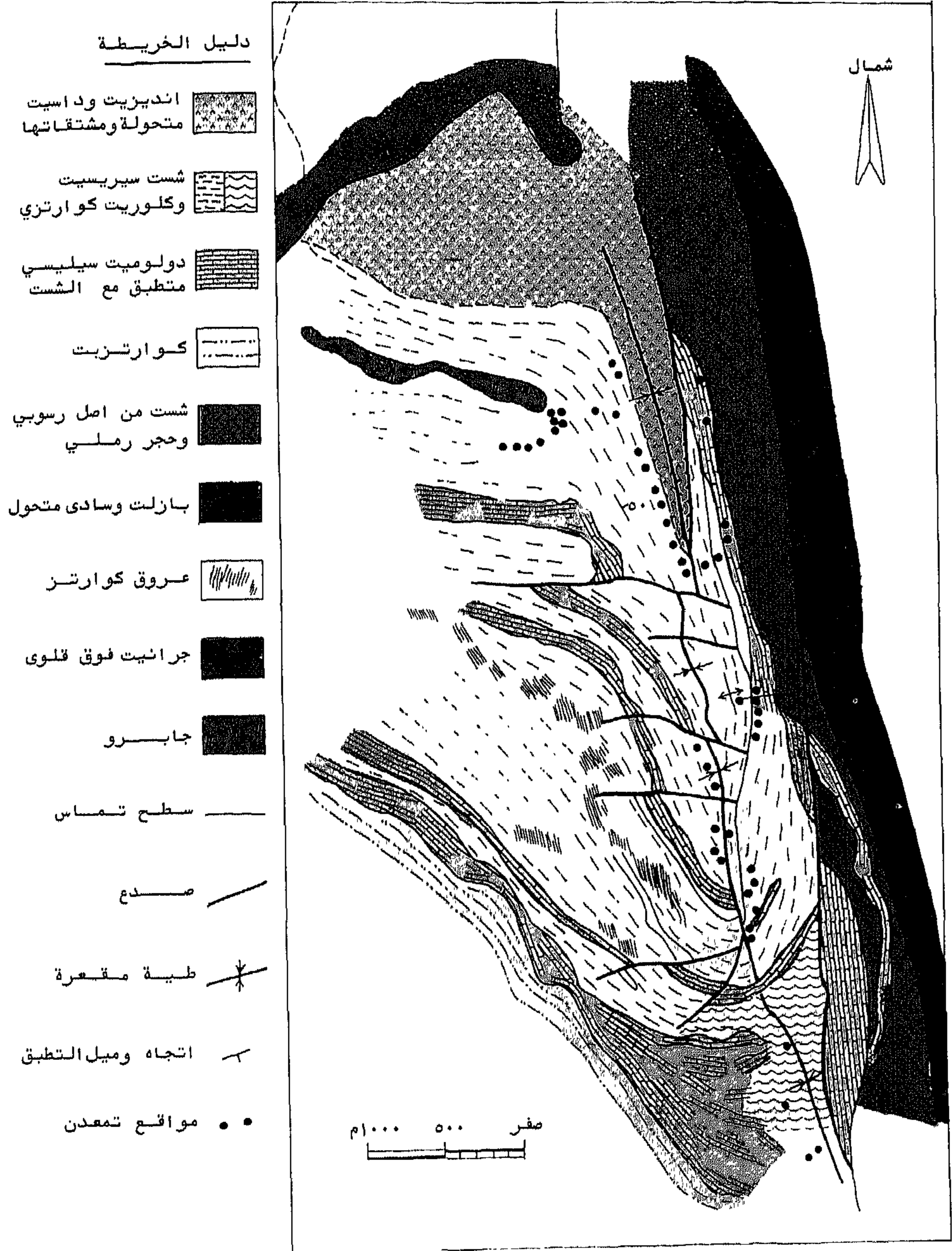
يوجد التمعدين في وادي ثربان في صخور دولوميتية سليسية وطّف قاعدي وشست كلوريتي سريسييتي تابعة لمجموعة عبله. تحولت هذه الصخور إقليمياً إلى سحنة الشبست الأخضر وانطوت مكونة طية مقعرة وغطاسة للشمال. ويقطع جانب الطية الشرقي صدع يتجه شمالاً، وتتفرع منه صدوع أخرى صغيرة تتجه غرباً وتنتهي

عند الصدع الرئيس .

وأفضل التمعدن موجود في الدولوميت السليسي محصوراً في نُطُق القص الموازية لاتجاه الطيات . يسود الاعتقاد بأن التمعدن من النوع الطبقي (stratiform) . ولكنه تعرض لعمليات تحريك remobilization من مكانه ليرسب مرة أخرى في نُطُق القص .



شكل (٢٣) خريطة جيولوجية توضح مواقع التمعدن في منطقة وادي يبا معدلة من (Prinze 1983)



شكل (٢٤) خريطة جيولوجية لتمعدن وادي يبا. معدلة من Earhart (1968).

يصل امتداد التمعدن في الطّف القاعدي إلى حوالي كيلو متر وعرضه إلى ٥ ، ١ متر . ويحتوي على ملاكيت وكلكوبيريت منشور في راقات رفيعة سمكها ما بين ١ - ٢ سم مفصولة عن بعضها البعض براكات مماثلة لا تحتوي على أي تمعدن . لذا، يُعتقد بأن هذا التمعدن من أصل بركاني متزامن ومتطبق مع الرسوبيات (stratiform) . تقطع عروق الكوارتز والكربونات الحاوية لبعض معادن النحاس صخور وادي ثربان، ويقل سمكها في العادة عن المتر الواحد، وتحتوي على البيريت والكلكوبيريت المتأكسدة إلى ليمونيت وكلكوسيت وملاكيت وكريزوكولا . وقد دلت الأبحاث والتحليل المختلفة على وجود النحاس بنسبة تتراوح بين ١ و ٢٪ وفي سمك يتراوح بين ١ و ٣ م.

١١،٢) جبل صعبان (صربون) (Sarbon)

يقع تمعدن النحاس على قمة جبل مستطيل ، ويمتد لمسافة أربعة كيلو مترات في طبقات الأمفيبوليت الكلوريتية والجارنتية التي تتجه شمال شمال غرب وتميل بانحدار شديد . يتطبق مع الأمفيبوليت بعض الكوارتزيت والدولوميت السيليسي وبعض الصخور البركانية . يخترق جميع هذه الصخور من الطرف الشمالي محقون جرانيتي أحدث . يتمثل التمعدن بالملاكيت والكلكوسيت وقليل من أكاسيد الحديد منشورة في الصخر أو متجمعة في أجسام جوسان كتالية بصحبة الأمفيبوليت . تتراوح نسبة النحاس بين ٣٧ ، ٠٪ و ٥٥ ، ١٪ ، والزنك بين ٠ ، ٤٪ و ٦٤ ، ١٪ والذهب حوالي ٥٦ ، ١ جم / طن . وأظهرت نتائج الحفر المثقابي أن التمعدن ضعيف حيث اخترق نُطْقاً رفيعة من التمعدن (Tompkins 1968 and 1970 و Earhart 1968) .

١١،٣) وادي شيسة Wadi Shisah

يقع غرب وادي يبا على خط عرض ١٩°١٣ شمالاً وخط طول ٤١°٣٣ شرقاً وينحصر التمعدن في نطاق قص يتجه شمال - شمال غرب عبر الصخور الجيرية السيليسية الرسوبية المتحولة لمسافة حوالي كيلو متر، ويتراوح عرضه بين نصف متر و ٢٠٠ م . يتمثل التمعدن في الملاكيت والكلكوسيت والكلكوبيريت في عروق من الكوارتز والكربونات، يتراوح سمكها ما بين ٢ سم - ١ م، تفصلها عن بعضها البعض صخور غير متمعدنة ومسافات تتراوح بين ٣٧ و ٥٠ متراً .

١١,٤) سوق الخميس Suq Al-Khamis

يقع على خط عرض ١٩°١٣' شمالاً وخط طول ٤١°٣٢' شرقاً وهو عبارة عن بعض أكاسيد وكربونات النحاس في تتابع بركاني من صخور الريوليت المتحولة تمتد لمسافة ١٢٠٠ متر مع اتجاه مضرب الطبقات (شكل ٢٣).

كما أن هناك تمعدناً مماثلاً في صخور بركانية فتاتية تبعد حوالي ١٣ كم إلى الغرب من سوق الخميس، وعلى خط عرض ١٩°١٠' شمالاً وخط طول ٤١°٢٤' شرقاً. يمتد التمعدين هنا لمسافة ٢ كم ويعرض ٧٠٠ م ويحتوي على البيريت والملاكييت متشرة في صخور هذا النطاق.

١١,٥) منجم المكحل Mukahal Mine

يوجد هذا التمعدين في جبل زهوة على خط عرض ١٩°١٧' شمالاً وخط طول ٤١°٤٠' شرقاً (شكل ٢٣). وهو تمعدن للرصاص والزنك والفضة في صخور الرخام والشست الكلوريتي التابعة لمجموعة عبله على مقدمة طية محدبة غاطسة شمالاً.

يمثل التمعدين الأولى بالجالينا والسفاليريت والكلكوبيريت في نُطْق قص ضيقة (narrow shear zones) تتجه شمالاً وتميل بانحدار شديد. وأمكن تتبع التمعدين لمسافة ٢٠٠ متر باتجاه مضرب الطبقات وعرضه ما بين ١ و ٥٠ سم (Bayly 1972).

١٢) أجاجيات البحر الأحمر (تمعدن منخفض أطلنطس)**Red Sea Brine Deeps (Atlantis Deep Mineralization)**

اكتشفت سفينة الأبحاث أطلنطس عدداً من المنخفضات التي يزيد عمقها عن ٢٠٠٠ م على امتداد الأخدود الممتد في منتصف البحر الأحمر موازياً لكل من شاطئيه الغربي والشرقي. وفي أبحاث لاحقة ثبت أن هذه المنخفضات تتميز بوجود طبقة من الأجاج (brine) الحار الذي تفوق درجة حرارته ٦٠ م، وأن بعضها يحتوي على رواسب معدنية حديثة التكوين متبادلة مع الرسوبيات في قيعان هذه المنخفضات، وأهم هذه المنخفضات وأكبرها هو منخفض أطلنطس الذي يقع على بعد ١٠٠ كم

للغرب من مدينة جدة في المنطقة الوسطى ما بين المملكة العربية السعودية وجمهورية السودان الشقيقة، خطى عرض ٢١ - ٢٢ شمالاً وخط طول ٣٨ شرقاً (شكل ٢٥). لذا فقد تم الاتفاق بين الدولتين على إجراء الدراسات اللازمة لهذا المنخفض والمنخفضات الأخرى بين الدولتين ومعرفة إمكانياتها الاقتصادية. وبناء على ذلك، تأسست الهيئة السعودية السودانية لاستغلال ثروات البحر الأحمر. قامت هذه الهيئة منذ تأسيسها بالتعاقد مع شركات متخصصة لإجراء الدراسات المطلوبة، من أهمها شركة برويساج (Pruessag) الألمانية، بالإضافة إلى ذلك أجريت بحوث مختلفة في كثير من الجامعات على هذه الرواسب المعدنية الحديثة تحت التكوين مما ساعد كثيراً في فهم طبيعة تكوين ونشأة تمعدنات عصر ما قبل الكامبري المشابهة في وضعها الجيولوجي العام.

منخفض أطلنطس

يتراوح عمق هذا المنخفض ما بين ٢٠٠٠ - ٢٢٠٠ م عن سطح الماء، ويغطي مساحة ٦,٤ كيلو متر مربع (شكل ٢٦) ويحتوي على رسوبيات طينية تحتوي على طبقات متمعدنة يصل معدل سمكها الإجمالي إلى ٢٥ م تقريباً في وسط المنخفض، يقل السمك تدريجاً على جوانبه، ويتراوح سمك الرواسب الطينية المتمعدنة ما بين ٧ و ١٥ متراً ويغطيها أجاج يمتد حتى سمك ٢٠٠ م وتصل درجة حرارته إلى ٦٢ م وتقل تدريجاً إلى أعلى.

تتميز الرواسب الطينية في هذا المنخفض بالتغير في محتواها المعدني في كلا الاتجاهين الرأسي والجانبى حيث تتركز المعادن ذات القيمة العالية في المناطق الجنوبية وتقل تدريجاً كلما اتجهنا إلى الشمال. وتشغل هذه الرواسب الطينية المتمعدنة قاعاً غير منتظم من فيوض البازلت.

التمعدن : تقسم الرواسب الطينية المتمعدنة في هذا المنخفض إلى خمس طبقات فوق القاعدة (شكل ٢٧) هي من الأعلى إلى الأسفل على النحو التالي :

أولاً - طبقة السيليكا والأكاسيد غير المتبلرة (amorphous silicates) وهذه

فقيرة التمعدن ، مشبعة بالأجاج ، لونها بني غامق أو أسود ويتراوح سمكها بين ١ و ٥ متر ، وتتكون من معادن مونتموريلونيت ومنجانوسيدريت وسفاليريت وقليل من البيريت .

ثانيا - طبقة الكبريتيدات العليا (upper sulfide zone) وهي أعلى الطبقات المتمعدنة ، ولونها بني فاتح إلى أسود ويتراوح سمكها بين ١/٢ و ٥ متر ، وتتكون أساسا من البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت مع بعض أكاسيد وسليكات الحديد .

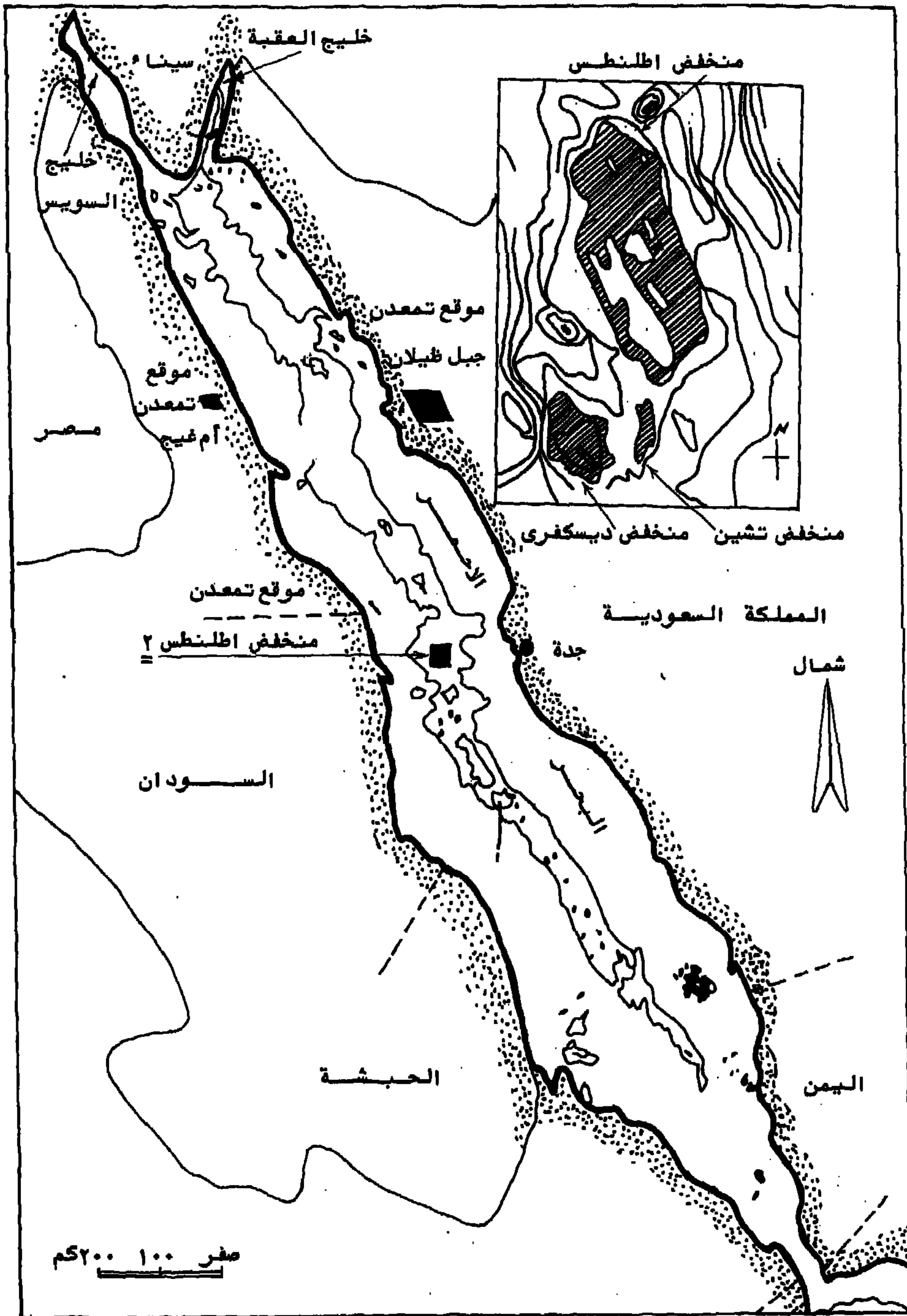
ثالثا - طبقة أكاسيد الحديد (iron oxide zone) ويتراوح سمكها ما بين نصف متر إلى ٩ متر ، وتفتقر هذه الطبقة إلى معادن الكبريتيدات وتتكون من معادن الجيثيت والهيماتيت والمونتموريلونيت الغني بأكاسيد الحديد .

رابعا - طبقة الكبريتيدات السفلى (lower sulfide zone) وهي ثاني الطبقات المتمعدنة ويتراوح سمكها بين ١ - ٤ متر ، وتتكون من نفس المعادن المكونة لطبقة الكبريتيدات العليا .

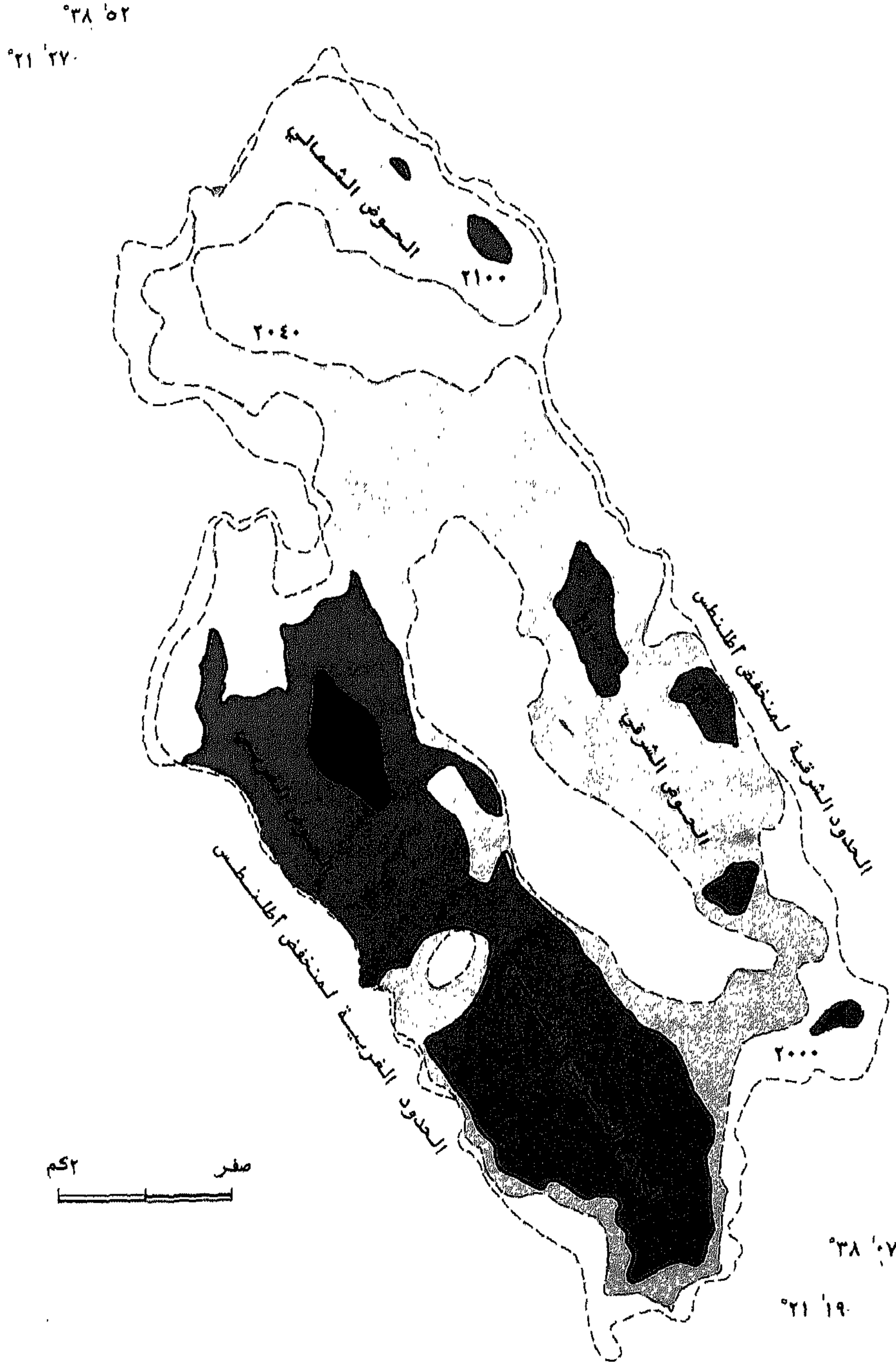
خامسا - طبقة فتاتية (clastic zone) ، تشكل قاعدة القطاع الرسوبي في المنخفض يتراوح سمكها بين ٢ - ٢٨ متراً وتتكون من خليط من الفتات الطيني المنقول وأكاسيد الحديد وبعض البيريت ومعادن الكربونات (كالسيت - أراجونيت) .

أما القاعدة (base) ، فتتكون من فيوض البازلت الوسادية وتمثل القاعدة التي تراكت عليها رسوبيات المنخفض لاتوافقيا .


وتشكل الطبقات الأربع الأولى والمتر العلوي من الطبقة الخامسة جسم الخام في منخفض أطلنطس . وتتميز جميع المعادن المذكورة في التمعدن بصغر شديد في حجم حبيباتها إذ تتراوح ما بين ٢ و ١٠ ميكرون ، وتوجد في تجمعات (aggregates) ، وتندر بينها البلورات المفردة وتترتب في طبقات رقيقة للغاية تتميز بألوانها الصفراء والحمراء والسوداء تبعا لاختلاف نسب المعادن المكونة ودرجة الأكسدة . وتوجد أعلى نسب الزنك والنحاس والرصاص والفضة والزرنيخ والبزموت في طبقة الكبريتيدات العليا بالمقارنة مع الطبقات الأخرى ، كما تحتوي كذلك على أعلى تركيز للهيماتيت والجير وكل من السترونشيوم والباريوم .



شكل (٢٥) خريطة البحر الأحمر توضح موقع منخفض أطلنطس .



شكل (٢٦) خريطة منخفض أطلنطس المتمعدن مبين عليها الأعماق بالأمتار . معدلة من Backer and Richter (1973)

الوحدات المتطبقة	التغيرات المحلية	العمق	النسبة المئوية لوجود الكبريتيدات	السماك بالأمطار
الوحدة السيليكاتية (١)	بريشيا هيماتيتية	م و س ي ن		١-٥٥ م
وحدة الكبريتيدات العلية (٢)	قليل من البازلت يكثُر الانهيدريت محليا			٢-١٠ م
وحدة الأكاسيد الوسطى (٣)	قليل من الجبس والانهيدريت قليل من البازلت			١٢-٢٩ م
وحدة الكبريتيدات السفلى (٤)	قليل من الأنهيدريت			١-٢٤ م
وحدة الفتات الطيني والأكاسيد والبيريت (٥)	أول ظهور للطبقات العدة مع قليل من البازلت قليل من الأنهيدريت	ب ل ي س ي ن		٢-٢٨ م
مخور بازلتية				

شكل (٢٧) منحني مع جدول توضيحي لمنطقة تمعدن أطلنطس - البحر الأحمر . معدلة من Backer (1976) .

أما طبقة الأكاسيد الرئيسة فتحتوي على تركيزات متغايرة للعناصر المختلفة، ويزيد تركيز النحاس والزنك والرصاص في المترين العلويين منها عنه في باقي الطبقة.

نشأة التمعدن : هناك نظريتان لنشأة تمعدن البحر الأحمر :

□ **النظرية الأولى :** حيث يسود الاعتقاد بأن تمعدن منخفضات البحر الأحمر مشتق من البازلت الموجود في الأخدود الأوسط للبحر وذلك عن طريق غسل مكوناته الفلزية منه بوساطة التيارات الدورانية ، أو أنها قد اشتقت من الصخور الرسوبية على جانبي الأخدود الذي يحوى المنخفضات ، وهي في العادة رسوبيات ريحية الأصل أو مجلوبة للبحر عن طريق الأنهار والأودية ، كما تحتوي على بعض الصخور حيوية الأصل مثل الشعاب المرجانية وغيرها .

أما الكبريت الذي اتحد مع العناصر الفلزية ليكون الكبريتيدات فيعتقد بأنه اشتق من الأملاح التبخرية (الجبس والأنهيدريت الموجودة بكثرة في رسوبيات الميوسين في البحر الأحمر) عن طريق اختزال شق الكبريتات بوساطة البكتيريا المختزلة للكبريت (sulfur-reducing bacteria) .

□ **النظرية الثانية :** تفترض هذه النظرية أن العناصر الفلزية لتمعدن البحر الأحمر قد ترسبت عن طريق مياه البحر التي تخللت طبقات الأملاح التبخرية والرسوبيات الأخرى المتطبقة والموجودة على جانبي البحر الأحمر عن طريق تيارات الحمل التي سببتها الصهارة في قاع البحر الأحمر ، وهذا ساعد في تكون محاليل أجاجية (brines) تتخلل الصدوع والشقوق والمسام في الصخور وتتحول إلى محاليل حرمائية ترسب حمولتها في المنخفضات كما هو الحال في منخفض أطلنطس .

أما الكبريت فيعتقد بأنه مشتق من المحاليل الحرمائية كذلك ، إذ يشبه في خواصه ذلك الكبريت البركاني الأصل أو ذلك المصاحب للرسوبيات البركانية الأصل .

وكما هو معروف ، فإن منخفضات البحر الأحمر بما في ذلك منخفض أطلنطس تقع جميعها على الخندق الوسطى للبحر الأحمر ، وبذلك يكون التمعدن من نوع التمعدنات الواقعة في منتصف أعراف المحيطات ، إذ يمثل خندق وسط البحر الأحمر

أحد أحدث هذه الأعراف المحيطية .

اقتصاديات تمعدن أطلنطس : يحتوي هذا المنخفض على الاحتياطيات الآتية :

أولاً : ٧٢٨ مليون طن خام مؤكد تحتوي على :

١,٩٥ مليون طن زنك

٠,٥ مليون طن نحاس

٤٠٠٠ طن فضة

٨ طن ذهب

ثانياً : ٤٧٠ مليون طن احتياطي محتمل جداً تحتوي على :

٤٦٣,٠٠٠ طن زنك وكميات مكافئة من النحاس والفضة والذهب كما في

أولاً وهي :

١١٨,٠٠٠ طن نحاس

٩٥,٠ طن فضة

١,٨ طن ذهب

بالإضافة إلى بعض معادن الكوبلت والنيكل والكاديوم .

الزنك والرصاص

Zinc (Zn) and Lead (Pb)

جرى التعرف على التعامل مع فلزي الرصاص والزنك في موضوع واحد حيث إنهما - وبالرغم من الاختلاف في صفاتهما الكيميائية - كثيراً ما يكونان رواسب مشتركة تكون المعادن السائدة فيها هي السفاليريت sphalerite (ZnS) والجالينا galena (PbS) ونواتج تأكسدهما . وفي بعض الرواسب يصاحب الرصاص والزنك

بعض النحاس ، والرواسب التي يوجد فيها الزنك فقط أو الرصاص فقط نادرة بكل المقاييس . لذا سنتناولهما معا في هذه الدراسة .

عرف القدماء فلز الرصاص حيث استخدم في مصر القديمة ، كما استعمله الرومان في أنابيب لتوصيل المياه إلى الحمامات العامة (بعض استخداماته الحالية) . أما الزنك فعُرف كفلز فقط في سنة ١٥٢٠م وإن كان الإغريق قد استخدموه بدون معرفته في تحضير سبائك النحاس الأصفر .

يتراوح الإنتاج العالمي من الرصاص ما بين ٢,٥ و ٤ مليون طن سنويا ، وأهم الدول المنتجة له هي الولايات المتحدة (١٦٪) ، الاتحاد السوفيتي (١٢٪) ، إستراليا (١٢٪) ، كندا (١٢٪) ، المكسيك (١٠٪) . أما الزنك فيبلغ الإنتاج السنوي منه حوالي ٦ مليون طن وأهم الدول المنتجة له هي الاتحاد السوفيتي (١٤٪) ، كندا (٩٪) ، إستراليا (٩٪) ، الولايات المتحدة (٨٪) ، وبولندا (٤٪) .

يأتي الرصاص والزنك بعد النحاس مباشرة في الاستخدامات الصناعية ، فيستخدم الرصاص في صناعة البطاريات وتغطية الكوابل وصناعة الذخيرة والصناعات الكيميائية وغيرها . أما الزنك فأكثر استعمالاته في عمل الألواح وصناعة السيارات وجلفنة الحديد وصناعة سبائك النحاس الأصفر وصناعة البويات وغيرها .

معادن الرصاص والزنك المهمة اقتصاديا بسيطة للغاية وبيانها كالتالي :

معادن الرصاص

جالينا (galena (PbS ويحتوي على ٨٦,٦٪ رصاص .

سيروسيت (cerussite (PbCO₃ ويحتوي على ٧٧,٥٪ رصاص .

أنجليزيت (anglesite (PbSO₄ ويحتوي على ٦٨,٣٪ رصاص .

معادن الزنك

سفاليريت (sphalerite (ZnS ويحتوي على ٦٧,٠٪ زنك .

سميثسونيت (smithsonite ZnCO_3) ويحتوي على ٠, ٥٢٪ زنك .

هيميمورفيت $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$ (calamine) hemimorphite ويحتوي على ٠, ٥٤٪ زنك .

زنكيت (zincite ZnO) ويحتوي على ٣, ٨٠٪ زنك .

ويليميت Zn_2SiO_4 willemite ويحتوي على ٥, ٥٨٪ زنك .

فرانكلينيت $\text{Zn, Fe, Mn (Fe, Mn)}_2\text{O}_4$ franklinite ويحتوي على ١٠ إلى ٢٦٪ زنك و ١٠ - ١٦٪ منجنيز .

تعتمد الرتبة الاقتصادية لخامات الرصاص بصفة أساسية على محتواه من الفضة الموجودة في الجالينا . فعند غياب الفضة يجب ألا تقل رتبة الرصاص عن ٤٪ تقريبا ، لكن من الممكن اقتصاديا استغلال خامات تحتوي على ٢٪ رصاص في وجود كميات معقولة من الفضة . أما الزنك فعادة ما تتراوح خاماته الاقتصادية بين ٤ و ١٢٪ زنك .

يوجد الرصاص والزنك أو أحدهما في أنواع عديدة من الرواسب التي تتكون في بيئات جيولوجية مختلفة لعل أهمها :

□ خامات رسوبية متطبقة (stratiform sedimentary deposits) متزامنة مع تكون الصخور الرسوبية الحاوية لها مثل راسب كوبر شيفر في المانيا أو الردينية في المملكة العربية السعودية .

□ خامات إحلالية بين طبقية متزامنة (strabound replacement deposits) أو متطبقة في صخور الكربونات مثل خامات وادي مسيسيبي في الولايات المتحدة ووادي ظيلان على ساحل البحر الأحمر شمال مدينة أملج بالمملكة العربية السعودية .

□ خامات كبريتيدية كتلية بركانية رسوبية متزامنة (volcanogenic massive sulfide deposits) مع البركانيات الحاوية لها مثل خامات كوروكو (Kuroko) في اليابان وبروكن هل (Broken Hill) في إستراليا .

□ رواسب العروق (vein deposits) بصحبة الفلزات النفيسة وغيرها مثل

فريبج (Freiberg) في ألمانيا، وإلى حد ما رواسب مهد الذهب والآمار في المملكة العربية السعودية. ويوجد الرصاص كذلك بصحبة باريت رابغ في بعض العروق .

□ رواسب إحلالية (replacement deposits) مثل سيرودي باسكو في بيرو وبنجام (Bingham) في يوتا بالولايات المتحدة .

الزنك والرصاص في المملكة العربية السعودية

هناك بعض الرواسب التي تحتوي على الزنك بصفة رئيسة مع بعض الفلزات الأخرى مثل النحاس والفضة والرصاص والمنجنيز وعادة ما تكون بنسب قليلة . من أهم هذه الرواسب راسب الخنيقية وراسب المصانع وراسب الشايب (الشعيب) وراسب النقرة وراسب الردينية (شكل ١) وغيرها ومعظمها من الخامات الكبريتيدية الكتلية البركانية الرسوبية .

أما الرصاص فوجوده الأساسي في الشريط الساحلي للبحر الأحمر ضمن الصخور الجيرية التابعة لعصر الميوسين، وهو من الخامات الإحلالية من نوع وادي المسيسيبي، ومن أمثلته المهمة جبل ظيلان (شكل ٢٥). كما يوجد بكميات قليلة في منجم المكحل شرق مدينة القنفذة في شمال منطقة تمعدن النحاس بوادي يبا (شكل ٢٣).

١) الخنيقية Al Khinaiguiyah

تضم منطقة الخنيقية أربعة رواسب رئيسة بالإضافة إلى أحد عشر موقعاً ذات أهمية أقل . وتقع منطقة التمدن إلى الشرق من درز التحام الأمار - إدساس في إقليم الرين، على بعد حوالي ٦٧٥ كم إلى الشرق من جدة (شكل ١).

ويعتبر الراسب رقم (٢) أهم راسب في المنطقة، وأفضلها دراسة من الناحية الاقتصادية، لذا سنركز شرحنا عليه. هذا وتتشابه معظم الرواسب الأخرى من حيث وضعها الجيولوجي ونشأتها والمعادن المكونة لها إلى حد كبير (Idris 1988).

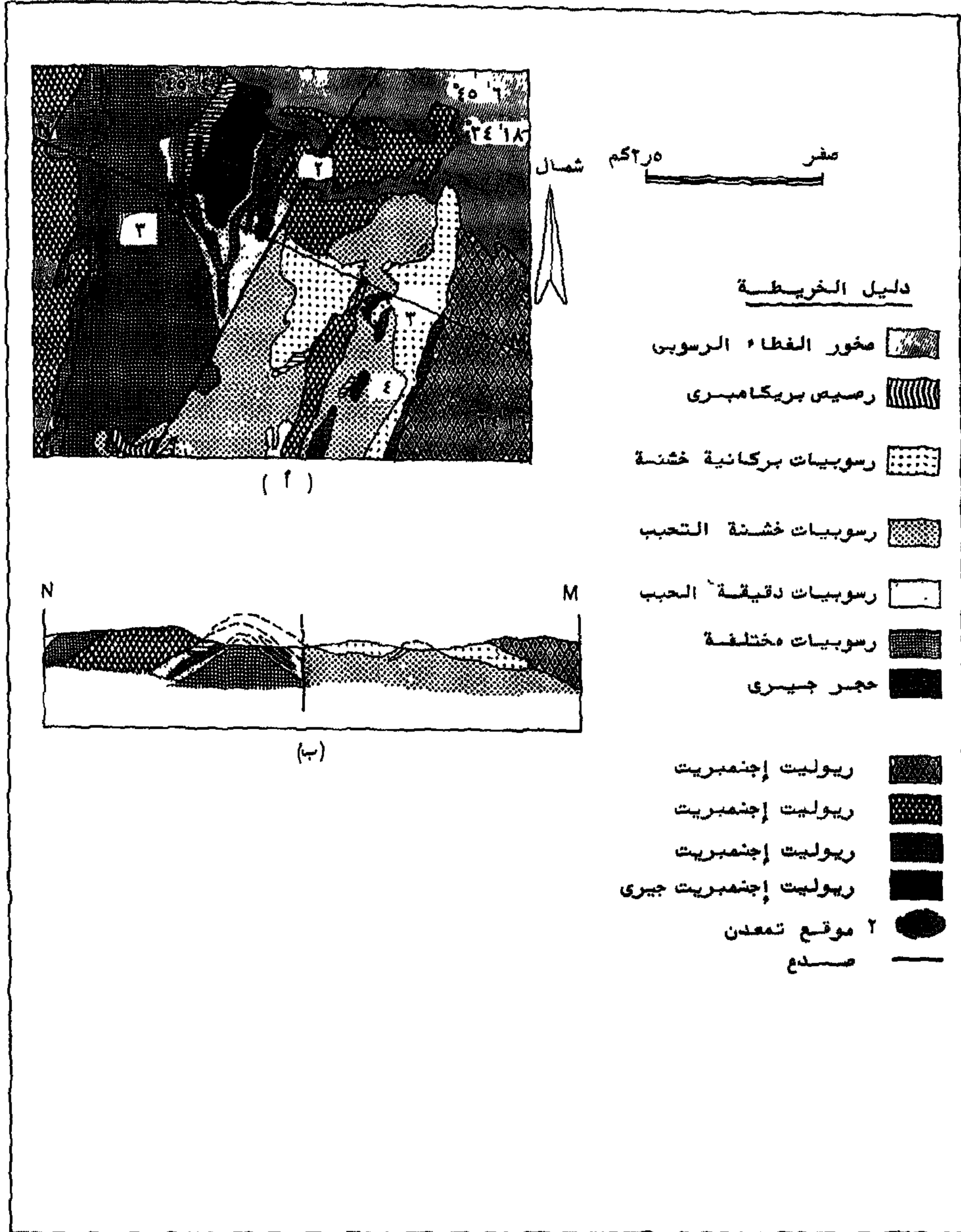
الوضع الجيولوجي : يوجد التمدن في الصخور البركانية والبركانية الرسوبية

التابعة لمجموعة الآمار من قوس الآمار البركاني (شكل ٢٨ أ)، بالقرب من درز التحام الآمار - إدساس، وهناك علاقة زمانية بين تكون التمعدن في قوس الآمار البركاني وبين التطور الصهاري من تبركن قاعدي إلى تبركن فلسي انفجاري، كما أن هناك علاقة مكانية بين التمعدن ومراكز النشاط البركاني وأنظمة الماء الساخن (hydrothermal systems) والداخانات المصاحبة (exhalations) ويدل وجود كميات كبيرة من الإجنمبريت متطبقة مع رسوبيات بحرية على وجود حوض ترسيب خسفي الأصل (graben) بين جزر القوس البركاني.

تداخلت في صخور مجموعة الآمار محقونات مصاحبة لتكون القوس. كما يغطي مجموعة الآمار (وما تداخلها من محقونات) لاتوافقيا - رصيصة القاعدة لمجموعة حامر (Hamir group) والتي تشمل متكوناً سفلياً من الفتاتيات الغليظة وبعض طبقات الكربونات (متكون الصليب) ثم بعض فيوض البازلت والأنديزيت (متكون السدارة) (Testard *et al.* 1980).

يمثل التابع الصخري في منطقة التمعدن أربع دورات بركانية متتابعة يفصل بينها طبقات رسوبية رقيقة تمثل فترات توقف النشاط البركاني (شكل ٢٨ أ). والصخور البركانية تشمل الريوليت والريوداسيت ذات الطابع القلوي، بالإضافة إلى بعض الإجنمبريت وصخور الطّف دقيق التحبب وبعض الصخور الجيرية والصوان والجاسبر. ويتزايد سمك هذه الرسوبيات كلما اتجهنا في اتجاه مركز منطقة التمعدن. صاحب فترات توقف النشاط البركاني في المنطقة وتكون الصخور الرسوبية تمعدنات من أكاسيد الحديد الأولية (هيماتيت ومجنيتيت) وكبريتيدات الفلزات القاعدية (سفاليريت وكلكوبيريت وبيريت) وأدلة على نشاط الماء الحار (Testard *et al.* 1980).

التابع الصخري في المنطقة مطوي على هيئة طية محدبة إقليمية يضرب محورها شمال - جنوب (شكل ٢٨ ب)، وصخور المنطقة متحولة إلى سحنة الشست الأخضر، تنطبع عليها سحنات تحول حراري تماسي أعلى من ذلك على حواف المحقونات اللاحقة.



شكل (٢٨) أ - خريطة جيولوجية لمواقع تمعدن الزنك في منطقة الخنيفة .
 ب - مقطع جيولوجي A - A يوضح الوضع الجيولوجي والتكتوني للمنطقة . معدلة
 من Testard *et. al.* (1980) .

التمعدن في الخنيقية : تنتمي الرواسب الأربعة الرئيسة والأحد عشر موقعاً صغيراً للتمعدن الموجودة في منطقة الخنيقية إلى مجموعة الرواسب المعدنية الطباقية الحرمائية الزفيرية (stratiform hydrothermal exhalative deposits). ورغم أنها تصاحب بعضاً من الصخور الرسوبية الكيميائية والطّف ، إلا أنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالصخور البركانية السيليسية الانفجارية، وتعطي شواهد تدل على انتماؤها إلى الرواسب المنتمية إلى نوع كوروكو في اليابان (Idris 1988).

الرواسب الطباقية (stratiform) الموجودة في المنطقة، والتي تشمل جسم الخام رقم (٢)، توجد في الصخور الرسوبية لنطاق من الطّف اللويبي (lapilli tuff) الريوليتي، في حين يتكون الحائط المعلق من الطّف الصواني (cherty tuffite) وبعض الطّف اللويبي.

ويشكل المجنيتيت - سبيكيلاريت الكتلي معظم التمدن، وأصل هذه الأكاسيد غير معروف على وجه التحديد وإن كان المعتقد أن كلاً من العمليات الحرمائية (hydrothermal processes) والعمليات التالية سطحية الأصل (supergene processes) قد لعبت دوراً في تكوينها. وتمثل هذه الأكاسيد المراحل الأولى للتمعدن، تبعتها تكون كميات أقل نسبياً من الكبريتيدات والتي توجد بعض عريقات منها قاطعة في الأكاسيد (Testard *et al.* 1980).

تم التعرف على ثلاثة أجيال من الكبريتيدات :

- طور مبكر أسود اللون من السفاليريت - هيماتيت - بيريت.
- ثم طور من الكلكوبيريت - بيريت - هيماتيت وكلوريت.
- ثم طور أخير تكونت فيه طبقة من السفاليريت الفاتح اللون في أعلى عدسة الخام.

يبدى التمدن ترتيباً نطاقياً (mineral zonation) واضحاً حيث يوجد تمعدن النحاس (عريقات من الكلكوبيريت والكلوريت مع كميات إضافية من التيلوريدات) في جسم من هيماتيت - مجنيتيت كتلي عند قاعدة التمدن ويكون نواة العدسة، يتغير تمعدن النحاس هذا تدريجاً جانبياً ورأسياً إلى تمعدن نحاس - زنك (عريقات وخطوط

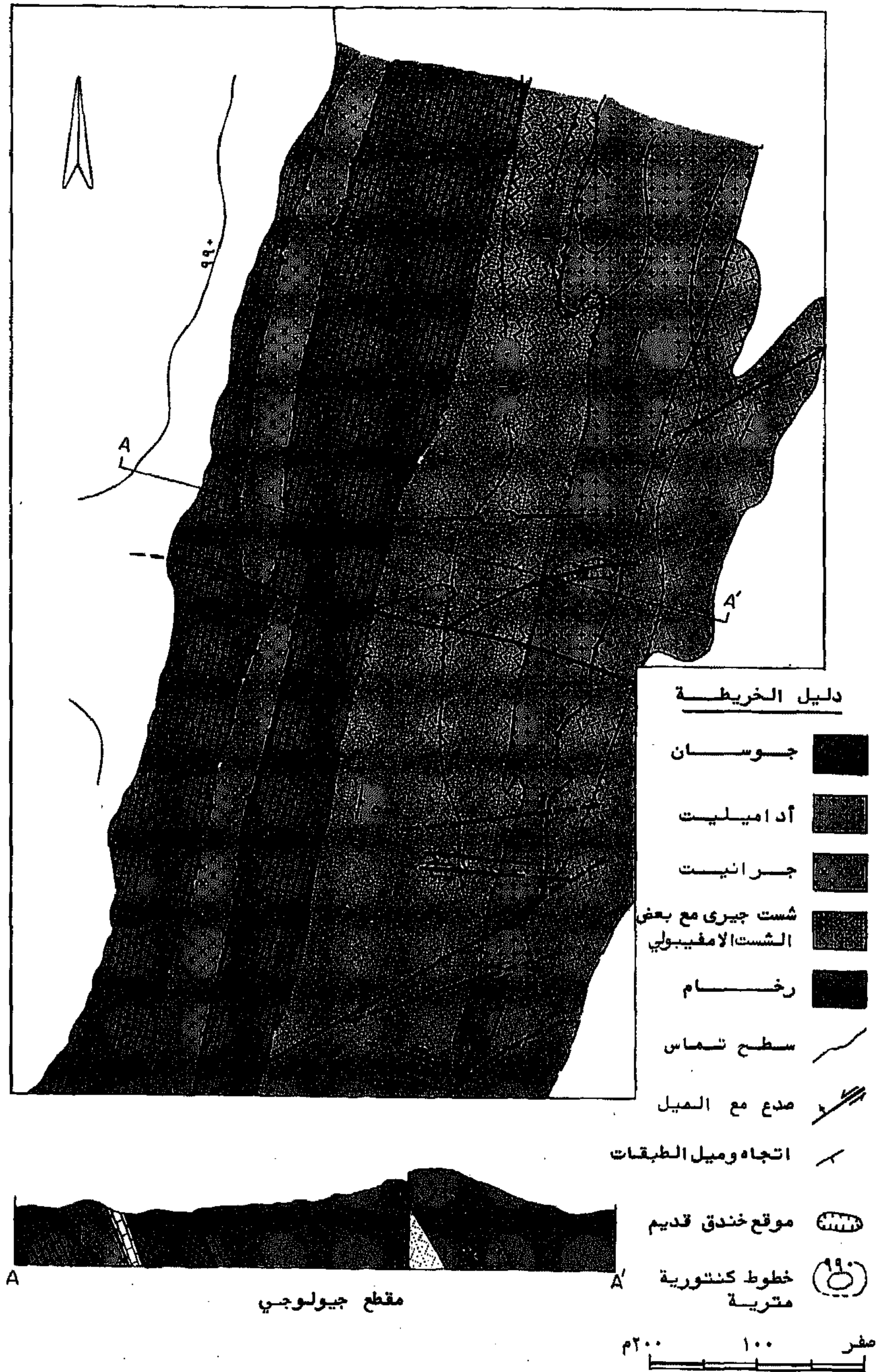
من البيريت والهيماتيت والمجنيتيت والسفاليريت والكلكوبيريت) على حواف أجسام أكاسيد الحديد ممتداً في الطف المتحول إلى جارت - إيدوت - كلوريت . ويتدرج نطاق النحاس - زنك بدوره إلى هالة خارجية غنية بالمنجنيز والمغنيسيوم والكالسيوم والتي سهلت تكون الجارت بوفرة . يحيط بجسم الخام نطاق من التغير الحرماي (hydrothermal alteration) يتمثل في التغير إلى إيدوت - سيليك - بيريت في حائط القدم (ربما بصحبة بعض الصدوع) إلا أنه لا يمكن اعتبار هذه الصدوع مسارات التغذية التي صعدت من خلالها المحاليل الم معدنة . بالإضافة يوجد نطاق تغير مغنسيوم - كلوريت - سيليك يمتد من ٣٠ - ٤٠ متراً في الحائط المعلق (Testard *et al.* 1980) .

الاحتياطات والرتبة : قدرت احتياطات الأجسام الأربعة بمنطقة الخنيقية (باستعمال ٣٪ زنك) كحد للتعدين (cut-off grade) في حدود ٤٩,٥ مليون طن من الخام الحاوي على ٣٪ زنك، منها ١٣,٣ مليون طن بها ٦٣,٠ نحاس بالإضافة إلى الزنك . و قدرت الاحتياطات الممكن الحصول عليها بالتعدين المكشوف (opencast mining) بحوالي ١٣,٩ مليون طن من خام يحتوي على ٥٪ زنك و ٣٦,٠٪ نحاس (Testard *et al.* 1980) .

(٢) الردينية (Ar-Ridayniyah)

يقع جبل الردينية على مسافة ٥ كم جنوب قرية الحفيرة التي تبعد حوالي ٤٠ كم للشرق من مدينة الدوادمي بالقرب من الحافة الشرقية للدرع العربي ، وعلى بعد حوالي ٧٠٠ كم من مدينة جدة على خط عرض ٢٢° ٢٤' شمالاً وخط طول ٣٨° ٤٤' شرقاً .

وتمعدن الردينية الأساسي تمعدن رسوبي متطبق (stratiform) يتمثل على السطح بعدسات من الجوسان موازية لتطبق الصخور المضيفة (شكل ٢٩) يصل عمق التأكسد إلى حوالي ٤٠ متراً تحت سطح الأرض ، يظهر بعدها التمعدن الأولى في عدسات كتلية منتظمة في رقائق دقيقة متوازية وموازية لرقائق من المعادن الجيرية والسيليكاتية المتطبقة معها . ويتكون التمعدن هنا من البيروتيت - المتحول من البيريت - ومن السفاليريت والبيريت وقليل من الجالينا ومن الماركزيت والأرزينوبيريت والكلكوبيريت والكاسيتيريت والستانيت وبعض الأرجنتيت ، ويعتقد أن التمعدن قد نشأ من أصل



شكل (٢٩) خريطة جيولوجية لتمعدن الردينية في منطقة الدوادمي . مبسطة عن Al Shanti (1976) .

بركاني زفيري بعيد (distal type) في حوض ترسيب به نشاط بركاني (Al Shanti 1976).

والصخور المضيئة رسوبية متحولة ، تتكون من رخام وشست جيبي ودولوميت مترسبة ضمن رسوبيات شاطئية لعصر ما قبل الكامبري ، يطلق عليها اسم متكون الردينية ، وتمثل الرف القاري لمجموعة العبط (العبد) التي تغطي مساحات كبيرة في تلك المنطقة .

هذا وقد تأثرت منطقة الردينية بالتصدع مما تسبب في تزعزح العدسات المتعدنة وتقطعها بصدوع شبه رأسية . وقد وجد أن هناك العديد من أعمال التنقيب القديمة تركزت على هذه الصدوع في نطاق التمدن الكتلي وغيرها من المواقع المجاورة ، ربما احتوت على تمعدن للفضة يزيد عما هو موجود حالياً في التمدن الكتلي ، ولذا استخرجها الأقدمون . أما في نطاق التمدن الكتلي فقد تسببت الصدوع في تركيز معادن السفاليريت والبيريت والبيروتيت والكلكوبيريت فيها بالإضافة إلى ترسب معادن القصدير والفضة بكميات قليلة من المحاليل الحرمائية اللاحقة والتي يعتقد بأنها مصاحبة للجدد القاطعة والمتوافقة الجرانيتية المنتشرة بكثرة في متكون الردينية (Al Shanti 1976).

ويقدر احتياطي الخام في الردينية بحوالي نصف مليون طن تحتوي على ٦ ، ٤٪ زنك .

٣) الشايب (الشعيب) (Ash-Shaib)

يوجد هذا الموقع في جنوب شرق الدرع العربي على خط عرض ١٩°١٥' شمالاً وخط طول ٤٣°٤٠' شرقاً (شكل ١) وهو موقع تمعدن للنحاس والزنك . يتكون من عدد من العدسات الكتلية والمنثورة الحاملة لكبريتيدات الزنك والنحاس في شريط من الرسوبيات المتحولة محصور بين محقون جرانيتي وآخر من الجابرو (شكل ٣٠) وقد تحول الدولوميت والشست إلى هورنفلز بالقرب من حدود التماس مع الأجسام المحقونة وانطوت باتجاه شرق غرب وقطعت بصدوع تتجه شرق - غرب ، وشمال غرب وشمال شرق .



دليل الخريطة

- هورنفلز فلسباري
- هورنفلز مع كورديريت
- شست أمفيبوليت
- هورنفلز بيروكسيني
- رخام دولوميتي
- جابر اوليفيني
- نيس جرانيتي
- جوسان

--- سطح تماس

— بئر ماسي

شكل (٣٠) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن الشعيب . معدلة من Allcot (1969) .

يحتوي التمعدن المصاحب للصخور الجيرية على البيريت والسفاليريت والكلكوبيريت والجالينا ، أما المعادن الغثة فهي الباريت والكوارتز . ويمثل السفاليريت أهم المعادن في هذا الموقع وأكثرها نسبة .

يبلغ احتياطي التمعدن ١,٣٤٨,٠٠٠ طن تحتوي على ٥٨,٤٪ زنك و ٤٣,٠٪ نحاس و ٢١ جم / طن فضة (Allcot 1969) .

القصدير (Sn) Tin

القصدير أحد الفلزات التي استعملها الإنسان في صناعة البرونز ، أو غيره من الأغراض ، وقد وجد قضيب من البرونز يحتوي على نسبة ١,٩٪ قصدير في أحد مقابر قدماء المصريين التي يرجع تاريخها إلى سنة ٣٧٠٠ قبل الميلاد .

يتميز الفلز بسهولة الانصهار وبكونه غير سام ، ولا يتأثر بالأحماض والقلويات المخففة أو الهواء ، وبميله لصنع طبقة رقيقة تغطي غيره من الفلزات والسبائك ، كل هذه الصفات وسّعت من مجالات استخدامه . وحاليا يستعمل القصدير أساسا لطلاء الحديد ولصناعة الحديد المجلفن (الصفائح) اللازم لأغراض التعليب وغيرها ، كما يستعمل في أعمال اللحام وصناعة البرونز والكيماويات وبعض السبائك ذات المواصفات الخاصة (سبيكة القصدير والنيوبيوم وهي موصل فائق التوصيل) .

بلغ الانتاج العالمي من القصدير حوالي ٢٢٠,٠٠٠ طن متري (١٩٨١) ويأتي حوالي ٩٠٪ من الإنتاج العالمي من ٦ دول هي ماليزيا (٣٢٪) ، بوليفيا (١٥٪) ، الصين (١١٪) ، أندونيسيا (١٢٪) ، وتايلاند (١٢٪) وأستراليا (٦٪) ويأتي باقي الإنتاج من نيجيريا وكندا والمملكة المتحدة وغيرها .

وفلز القصدير نفسه له صورتان : القصدير الأبيض الذي يتبلور في النظام المربعي (tetragonal) وله كثافة نوعية ٣,٧ جم/سم^٣ والقصدير رصاصي اللون الذي يتبلور في النظام المكعبي (cubic) وتبلغ كثافته النوعية ٥,٧٥ جم/سم^٣ . ويتحول القصدير الأبيض إلى الرصاصي اللون تحت درجة حرارة ١٣,٢ مئوية ويتوقف هذا التحول عندما يضاف إلى القصدير أحد الفلزات الأخرى كما في السبائك .

ويأتي معظم إنتاج العالم من القصدير من المعدن كاستيريت (SnO_2) cassiterite وإن كانت هناك نسبة بسيطة تأتي من معدن ستانيت ($\text{Cu}_2 \text{FeSnS}_4$) stannite ومن معدن تياليت (PbSnS_2) teallite في بوليفيا . والمعادن الغثة المصاحبة هي دائما المعادن الناتجة عن تعرية الجرانيت المتحولة (كوارتز ، فليسبار وميكا) أو معادن الموليبدنم أو الفضة .

وأهم أنواع رواسب القصدير هي :

- ١ - رواسب المراقد placer deposits ويأتي منها معظم إنتاج ماليزيا ونيجيريا ، وتتراوح رتبة الخام في رواسب المراقد ما بين ٤ ، ٥ و ٥ رطل للياردة المكعبة الواحدة .
- ٢ - رواسب الشبكات العريقية والعروق (stockwork & vein lodes) كما في كورنول في بريطانيا والعجلة في مصر تتراوح النسبة لهذه الرواسب ما بين ١ - ٨٪ قصدير .
- ٣ - رواسب القصدير المنشور في مناطق الجريزن (greisen zones) في المحقونات الجرانيتية كما في نيجيريا وفي المويلحة بمصر ، وكما كانت منطقة كورنول بإنجلترا .
- ٤ - رواسب القصدير البورفيرى porphyry Sn deposits كما في بعض رواسب بوليفيا .

القصدير في المملكة العربية السعودية

لم تكتشف رواسب ذات احتمالات اقتصادية للقصدير في المملكة حتى الآن ، غير الذي اكتشف حديثا في جبل السلسلة والذي يعطي دلالة على احتمالات وجود رواسب أخرى في المنطقة في شمال شرق الدرع العربي . وقد تم الكشف عن مناطق عديدة يشكل القصدير فيها شاذة جيوكيميائية (geochemical anomaly) حيث يوجد بكميات تتجاوز الخلفية (background) بعدة مرات ، وخاصة بصحبة الجرانيتات المتخصصة (specialized granites) وهي أحدث جرانيتات الدرع والتي تكونت -

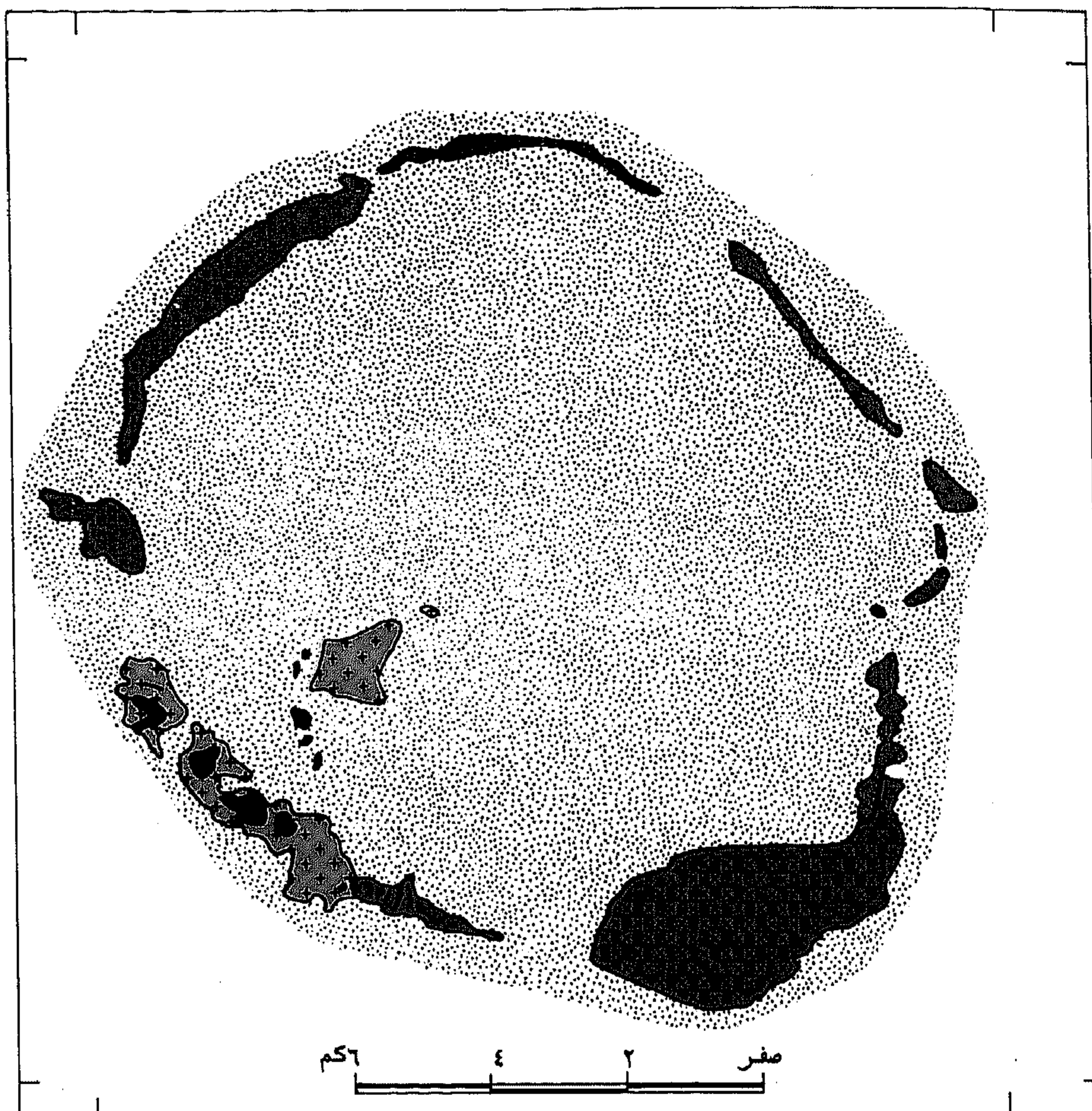
على أرجح الاحتمالات - بعد ترسخه (post-cratonization) وتنكشف هذه الجرانيتات على شكل محقونات صغيرة دائرية المقطع أو على هيئة قواطع حلقيّة (ring dykes) . ويوجد القصدير في الجزء العلوي لهذه الجرانيتات في النطاقات التي تعرضت لعمليات الجرزنة (greisenization) بصحبة بعض العناصر صخرية الميل (lithophile elements) الأخرى مثل Be, Li, F, Mo, W, Nb, Ta, U, Th وغيرها وأهم المناطق التي سجلت فيها هذه الشاذات الجيوكيميائية (شكل ٤٦) هي :

- جبل طربان وبيير طويلة في إقليم ظلم .
- جرانيت رتامة ووادي مرشة في إقليم مدين .
- سراة بيشة ويعلا ومتبع ، وليبت وبية والدمة ووقد في عسير .
- موقع تمعدن عبلة .

١) معقد السلسلة الحلقي Silsilah Ring Complex

لعل أهم اكتشافات القصدير الحديثة في المملكة هي تلك التي وجدت في مركب جبل السلسلة الحلقي (شكل ٣١) (خط عرض ٢٦°٥ شمالاً وخط طول ٤٢°٤٠ شرقاً) . ويبلغ قطر المركب الحلقي حوالي ١٢ كيلو متراً ويتكون من الجرانيت القلوي والدايسيت القلوي يحيط بلب من صخور الغرين والجريواكي التابعة لمجموعة مردمة . يوجد القصدير في جسمين صغيرين من جرانيت الفوارة القلوي التالي للتجبل (post - orogenic alkali granite) مصاحباً لنطاقات تغير وجرزنة في الجنوب الغربي من المركب الحلقي . (du Bray *et al.* 1984) .

والراسب المتمعدن عبارة عن راسب جرزنة يتكون من الكاستريت - توباز - كوارتز ، موزع في مساحة تصل إلى ١٦ كيلو متراً مربعاً . أما الصخور المجرزنة فهي جرانيت الفلسبار القلوي المحتوي على الميكا من نوع زنوالديت (zinnwaldite) . يعتلي الجرانيت المذكور غطاء من البجماتيت والأبلت الذي يعتقد بأنه ساعد على احتباس المحاليل المائية الحاملة للتمعدن وتجمعها مسبباً عملية الجرزنة للجرانيت القلوي أسفلها . يتبع ذلك اختراق عروق الكوارتز الحاملة لمعدن الولفراميت $(Fe, Mn) WO_4$ قاطعة كلاً من جرانيت الفلسبار القلوي وغطاء الأبلت - بجماتيت فوقه . (du Bray *et al.* 1984) .



دليل الخريطة	
جرانيت السلسلة القلوى	جرانيت
كومنديت	جرانيت الفوارة
داسيت قلوى	أبليت
جريواكى وصخور فتاتية - مجموعة	
مردمة	

شكل (٣١) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن القصدير والتنجستن في معقد السلسلة الحلقى . معدلة من
Du Bray *et. al.* (1984)

الألومنيوم (Al) Aluminum

الألومنيوم هو أكثر الفلزات شيوعاً في القشرة الأرضية ، ومع ذلك جاء استخدامه على نطاق واسع في الصناعة متأخراً لصعوبة الحصول عليه في الحالة الفلزية . والألومنيوم مكون رئيس لكثير من مواد الأرض مثل المعادن السيليكاتية والصلصال والتربة إلا أن استخراج الفلز يقتصر على خليط من المعادن تعرف باسم البوكسيت (bauxite) . بالإضافة ، جرى استخدام بعض الأندلوسيت (andalusite) المحتوي على $30 - 40\% \text{Al}_2\text{O}_3$ لاستخراج الألومنيوم في السويد واستخدام النفيلين سيانيت (nepheline syenite) المحتوي على 27% على الأقل Al_2O_3 في الاتحاد السوفيتي .

يمتاز الفلز بخفة وزنه وقوته ومقاومته لعوامل التآكل الجوية ، بالإضافة إلى كونه موصلًا جيدًا للكهرباء ، هذه الصفات جعلت منه فلز القرن العشرين ، حيث استخدم في صناعة الطائرات والسيارات والمعدات الكهربائية والمصنوعات المعدنية وتعليب المأكولات والمشروبات المحفوظة ، وفي صناعة رقائق الألومنيوم المستعملة في الطهي والتغليف .

يستعمل البوكسيت أيضاً في صناعة استخلاص الفلزات (metallurgy) والصناعات الكيميائية وبعض أنواع الخزف ، وفي إحصائية حديثة جاء أن 88% من البوكسيت المستخرج استعمل في صناعة فلز الألومنيوم ، و 6% للصناعات الكيميائية ، و 6% في صناعة الخزف ، كمادة عاكسة في أفران صهر الفلزات وغيرها من الاستعمالات .

يختلف الألومنيوم عن غيره من الفلزات في أن استخلاصه من البوكسيت لا يتم في أماكن توافر الخام ، بل يتم حيث تتوفر الطاقة الكهربائية الرخيصة ، نظراً للكميات الهائلة من الكهرباء اللازمة لاستخلاصه .

بلغ الإنتاج العالمي من البوكسيت حوالي ٨٥ مليون طن (١٩٨٠م) . وكانت أهم الدول المنتجة هي إستراليا (٣١٪) ، جاميكا (١٤٪) ، وسورينام (٧٪) . أما إنتاج الفلز

فتأتي في المقدمة الولايات المتحدة، ثم اليابان وروسيا وكندا وألمانيا وفرنسا والنرويج ومصر.

والبوكسيت خليط غروي من أكاسيد الألومنيوم المائية بالإضافة إلى بعض الحديد والماء والسيليكا. ويوجد في الطبيعة في صورة خام بازلائي أو سرئي (pisolitic or oolitic) أو في صورة إسفنجية مسامية (porous sponge ore) أو على هيئة ترابية صلصالية (clay ore) والمعادن الرئيسة في البوكسيت هي الجبسيت ($\text{gibbsite Al (OH)}_3$) والدياسبور ($\text{diaspore} \propto \text{Al O.OH}$) والبوهميت ($\text{boehmite } 8 \text{ AlO.OH}$) وباختلاف نسبة هذه المعادن يختلف محتوى البوكسيت من الماء، لكن وبصفة عامة تكون النسبة $\text{Al}_2\text{O}_3 : 2 \text{ H}_2\text{O}$ تقريباً. وتختلف نسبة الألومينا Al_2O_3 في البوكسيت، فالرتبة العالية منه تحتوي على ٥٠٪ Al_2O_3 وأقل من ٥٪ SiO_2 ، والرتب المنخفضة قد تحتوي على نفس كمية الألومينا لكن تزيد فيها نسبة السيليكا إلى حوالي ١٠٪.

يتكون البوكسيت كرواسب متخلقة (residual deposits) نتيجة لعمليات التجوية الكيميائية الشديدة ويوجد في الطبيعة على أشكال عدة منها :

١ - فريشات sheets فوق أو قريباً من أسطح التجوية القديمة .

٢ - طبقات متبادلة مع غيرها من أسطح عدم التوافق .

٣ - جيوب وعدسات في الحجر الجيري .

٤ - رواسب منقولة ومرتسبة بعيداً عن مصدرها .

رواسب البوكسيت في المملكة العربية السعودية

منطقة الزبيرة Zabirah

اكتشف راسب بوكسيت الزبيرة في عام ١٤٠٠ هـ ويقع في منطقة القصيم، على

مسافة حوالي ٩٠ كم إلى الشمال من طريق بريدة - حائل السريع .

يوجد الراسب بين صخور الغطاء الفانيروزوي التي ترسبت على رصيف قاري ثابت لم يتعرض للحركات التكتونية منذ الكمبري (شكل ٣٢)، مما هيأ الظروف اللازمة لتقوم عمليات التحلل بعملها لتكوّن البوكسيت اللاتريتي تحت ظروف مناخ استوائي، حيث دلت الدراسات الجغرافية والمناخية القديمة على أن منطقة الزبيرة كانت إستوائية الموقع والمناخ خلال العصر الكريتاسي (Black *et al.* 1982 & 1984 و Black 1982 a, b و Bardossy 1973).

ينكشف البوكسيت على هيئة جرف قليل الارتفاع يمتد لمسافة ١٠٥ كم باتجاه الغرب وتميل الطبقات ميلاً بسيطاً مقداره ٥, ٠ درجة إلى الشمال الشرقي، مما يعني تزايد سمك الغطاء فوق البوكسيت حتى يصل إلى ٨٠ م على بعد ٥ كم من المنكشف، (شكل ٣٢).

يعتبر بوكسيت الزبيرة لاتريتيًا قديمًا (paleolaterite) تكون في العصر الكريتاسي وحفظ في مكانه تحت سطح عدم توافق زاوي (angular unconformity) بين الصخور التي تقع أسفل البوكسيت والتي يتراوح عمرها بين الترياسي المتأخر والكريتاسي المبكر والصخور التي تعلوه من الكريتاسي المتأخر. والصخور الموجودة تحت البوكسيت والتي يشار إليها باسم تتابع صخور المصدر (parent source rock) تشمل حجاراً رمليةً وحجاراً طينيةً مع كميات أقل من طبقات الكربونات رقيقة السمك. أما الصخور التي تغطي البوكسيت فتتمثل بتتابع من الحجر الرملي والحجر الطيني القاري مع طبقات رقيقة مستمرة من الحجر الجيري وتعرف باسم تتابع الغطاء (overburden sequence).

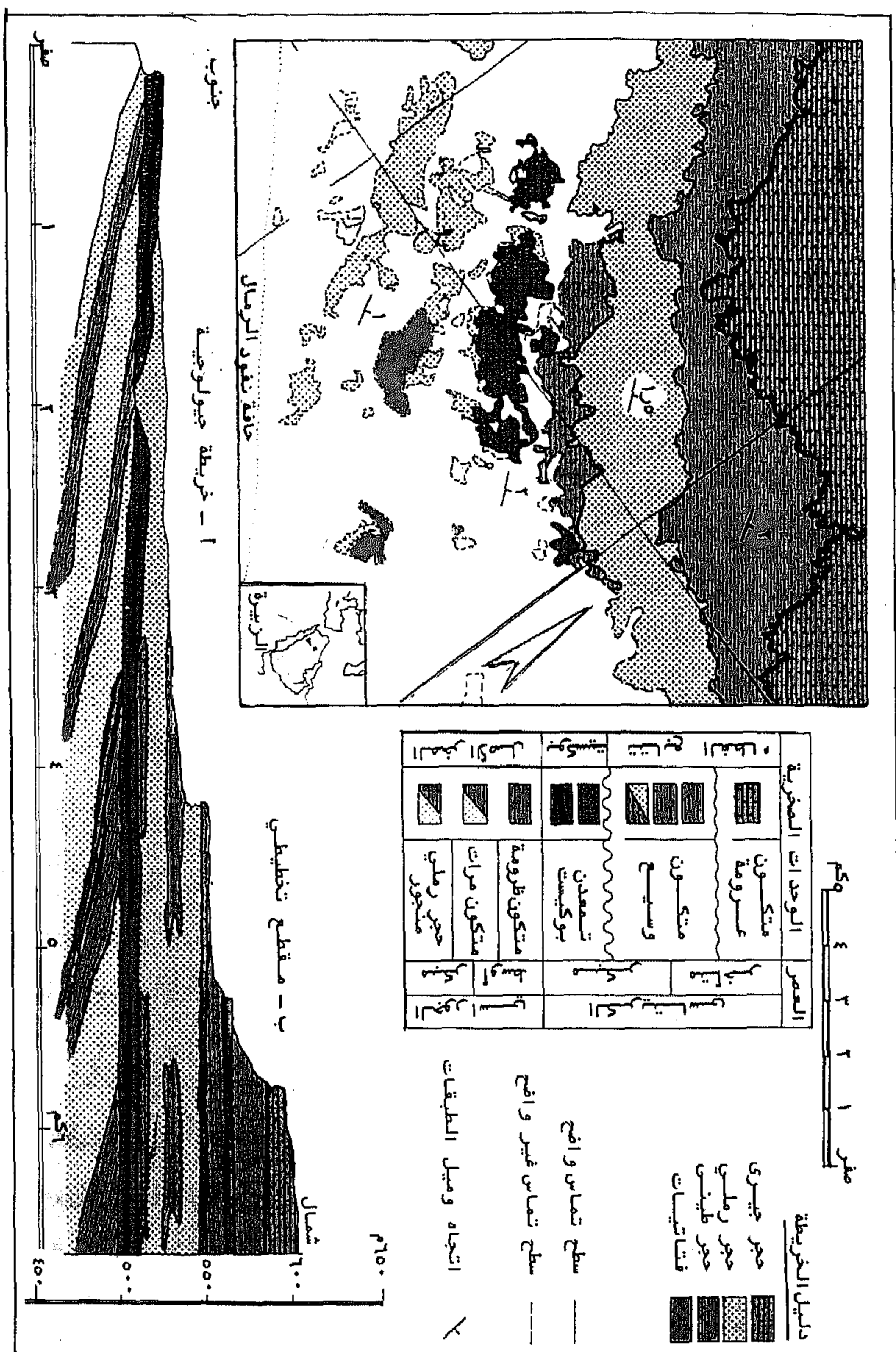
يتراوح سمك قطاع البوكسيت بين ٢ و ١٠ م بمتوسط حوالي ٦ م ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة نطاقات صخرية هي - من أعلى إلى أسفل - كما يلي:

١ - نطاق الصلصال العلوي .

٢ - نطاق البوكسيت البازلتي .

٣ - نطاق الصلصال السفلي .

شكل (٣٢) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لتمعدان البوكسيت في منطقة الزريعة .
 ب - مقطع جيولوجي يوضح تطبيق تمعدان البوكسيت من الجنوب للشمال معدلة من Black *et. al.* (1982)



يتكون بوكسيت الزبيرة من خليط من الجبسيت (gibbsite) والبوهميت (boehmite). وقد كشف برنامج مكثف للحفر عن أن البوكسيت الاقتصادي يكون راقات وعدسات يبلغ متوسط سمكها ٢م وتغطي مساحة من ١ - ١٠ كم^٢. وحيث إن الحد الفاصل بين البوكسيت الاقتصادي والصلصال غير الاقتصادي هو حد تدريجي (gradational) في الاتجاهين الرأسي والأفقي، يعتمد تحديد الحجم الفعلي للعدسات الاقتصادية على حد التعدين (cut-off grade) المحدد بالتحليل الكيميائي (assay limit). والعامل المؤثر في اقتصاديات الخام هو محتوى السيليكا، ولذا يستخدم حد تعدين ١٠٪ سيليكا. وعلى هذا الأساس حددت الاحتياطيات المنظورة بحوالي ٩٤ مليون طن بوكسيت بمتوسط رتبة ٥٧٪ Al_2O_3 و ٦٪ SiO_2 . توجد هذه الاحتياطيات في ٦ كتل تعدينية منفصلة، تتركز في ٥ نطاقات جغرافية، تنتشر على مسافة ٨٠ كم^٢ (شكل ٣٢). وأكبر كتلتين منها هما النطاق الأوسط والنطاق الجنوبي وتحتويان على ٧٥ مليون طن برتبة ٥٨,٣٪ Al_2O_3 و ٤,٥٪ SiO_2 منها ٥٦ مليون طن قابلة للاستخراج بالتعدين المكشوف مع نسبة إزاحة غطاء إلى الخام تساوي ٨,٥ : ١.

ومن التجارب العملية لاستخلاص الألومينا من خام الزبيرة تحققت استعاضة (recovery) بلغت ٩٥٪، وكانت نسبة السيليكا في الناتج ٣,٠٪ مع انخفاض شديد في نسبة المكونات الضارة مثل الكبريت والصوديوم. من هذه التجارب العملية أمكن استنتاج أن بوكسيت الزبيرة قابل لاستخلاص الألومينا منه بطريقة باير (Bayer) إلا أن التكلفة مرتفعة نسبياً بسبب ارتفاع محتوى الخام من السيليكا.

يفتح اكتشاف خام البوكسيت بالزبيرة المجال أمام اكتشافات أخرى مماثلة بين صخور الغطاء خاصة على أسطح عدم التوافق التي تكونت تحت ظروف تكتونية - جغرافية - مناخية مناسبة (Smith *et al.* 1984).

الفصل الثالث

الحديد والفلزات الحديدية

Iron and Ferroalloy Metals

■ الحديد ■ المنجنيز ■ النيكل ■ الكروم ■ التنجستن
■ الموليبدنم ■ الفاناديوم ■ الكوبلت.

تشتمل هذه المجموعة، بالإضافة إلى الحديد، على الفلزات القابلة لتكوين السبائك معه لتكوين تشكيلة كبيرة من أنواع الصلب ذات المواصفات المختلفة وهذه الفلزات هي المنجنيز والنيكل والنيوبيوم والكروم والموليبدنم والتنجستن والفاناديوم والكوبلت والتيتانيوم. وفيما يلي عرض لهذه الفلزات ورواسبها في المملكة.

الحديد (Fe) Iron

الحديد هو رابع عناصر الأرض (أو ثاني فلزات الأرض) شيوعاً، وقد عرفه القدماء في مصر منذ حوالي سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد حيث فاقت قيمته الذهب، ومن الأرجح أن مصدر هذا الحديد كان النيازك والشهب الحديدية المتساقطة. استخرج الحديد من معادنه الأرضية في حوالي سنة ١٢٠٠ قبل الميلاد، ومن هنا بدأ عصر الحديد التالي لعصر البرونز، وكان اختزال أكاسيد الحديد باستخدام الفحم الحجري في حوالي سنة ١٧٠٠ م هو بداية الثورة الصناعية.

الحديد هو عماد الحضارة الحديثة، ولا يمكن حصر أو تعداد استخداماته، ويبلغ

إنتاج العالم من خاماته حوالي ١٠٠٠ مليون طن سنوياً يصنع منها حوالي ٧٠٠ مليون طن من الصلب . أهم الدول المنتجة لخام الحديد وحصلتها من الإنتاج هي كالتالي :

الاتحاد السوفيتي (٢٣٠ مليون طن)، إستراليا (٩٨ مليون طن) ، الولايات المتحدة (٨٠)، البرازيل (٧٠) ، فرنسا (٥٠)، كندا (٤٥)، الهند (٤٠) ، ليبيريا (٣٥)، السويد (٣٢)، فنزويلا (٢٦)، جنوب أفريقيا (١٢) ، شيلي (١٠ مليون طن).

وأهم معادن الحديد الاقتصادية هي :

المجنيتيت ($\text{Fe}^{++} \text{Fe}_2^{+++} \text{O}_4$) magnetite ويحتوي على ٤٠، ٧٢٪ حديد ويعرف تجارياً باسم الركاز المغناطيسي أو الأسود (magnetic (black) ore) .

الهيماتيت (Fe_2O_3) hematite ويحتوي على ٧٠٪ حديد ويعرف باسم الركاز الأحمر red ore .

الجيثيت (FeO.OH - ∞) goethite ويحتوي على ٩٠، ٦٢٪ حديد وهو عادة المكون الأساسي لليمونيت .

الليمونيت ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) limonite ويحتوي على ٥٩ - ٦٣٪ حديد، والليمونيت اسم حقيقي لمزيج من أكاسيد الحديد المائية وغير المائية وهيدروكسيدات الجيلاتينية غير المتبلرة . ويعرف باسم الركاز البني أو الأصفر yellow ocher .

السيدريت (FeCO_3) siderite ويحتوي على ٢٠، ٤٨٪ حديد ويعرف باسم الخام السباتي .

أما معادن الحديد الأخرى مثل البيريت (FeS_2) pyrite والبيروتيت pyrrhotite ($\text{Fe}_{1-x} \text{S}$) والمركزيت (FeS_2) marcasite والشُموزيت ($\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{SiO}_5$) chamosite (OH_4) فلا توجد بكميات كبيرة في الطبيعة وتركيزها دائماً غير مرتفع، وبالتالي لا تستخدم كمصادر لفلز الحديد، هذا بالإضافة إلى احتواء معظمها على الكبريت وهو مادة غير مرغوب في وجودها في خامات الحديد .

الشوائب المصاحبة لمعادن الحديد هي عادة من السيليكا وكربونات الكالسيوم والفوسفور والمنجنيز والكبريت والألومينا والتيتانيوم .

الحديد فلز رمادي اللون صلب وشديد التحمل ويمكن تشكيله بالطرق بعد تسخينه ، ولديه القدرة على الامتزاج مع عديد من العناصر لتكوين السبائك المناسبة لمختلف الأغراض الصناعية .

يجهز الفلز من خاماته على مرحلتين ، الأولى منهما هي اختزال الأكاسيد باستخدام فحم الكوك في أفران خاصة لتحويله إلى الحديد الغفل (pig iron) والثانية هي معالجة هذا الحديد الغفل وتحويله إلى حديد زهر أو حديد مطاوع أو فولاذ (steel) .

وأهم أنواع رواسب الحديد - مع بعض الأمثلة لها - هي كما يلي :

الرواسب الصهارية magmatic deposits

وتتكون عادة من المجنيتيت والمجنيتيت التيتاني ومن أمثلتها راسب أديرونديك بولاية نيويورك وراسب جبل إدساس في المملكة العربية السعودية .

رواسب التحول الميتاسوماتي metasomatic deposits

وتتكون من المجنيتيت و/ أو الهيماتيت ومن أمثلتها راسب كورنول في بنسلفانيا وجبل الحمراء بمنطقة الحليفة في شمال المملكة العربية السعودية .

رواسب الإحلال replacement deposits

وتتكون من الهيماتيت وأحيانا المجنيتيت ومن أمثلتها راسب أيرن مونت في ميسوري .

رواسب رسوبية sedimentary deposits

١ - مكونات الحديد الشريطية (banded iron formations (BIF) لما قبل الكامبري وهي رسوبية الأصل تعرضت لعمليات تحول وإثراء ، وتتكون من شرائط

متبادلة من معادن الحديد (هيماتيت - مجنيتيت - ليمونيت - سيدريت) متبادلة مع شرائط من السيليكات.

ومن أهم أمثلتها ليك سويريور وألجوما في أمريكا ومنطقة وادي صواوين بالمملكة العربية السعودية.

٢ - رسوبيات الفانيروزوي المحببة أو البطروخية (oolitic) وتشمل نوعي كلنتون (Clinton) بأمريكا ومينيت (Minette) بفرنسا وتتكون هذه من الهيماتيت وبعض المجنيتيت والليمونيت. ومن أمثلتها أيضاً رواسب الجوارسي في بريطانيا. ورواسب وادي فاطمة بالمملكة العربية السعودية.

رواسب مؤكسدة (oxidized deposits (gossans)

نتجت من تأكسد أجسام كبريتيدية أصلاً - وتتكون من الليمونيت والهيماتيت مثل راسب ريوتنتو في أسبانيا، ورواسب وادي قطن ووادي وسط في المملكة العربية السعودية.

رواسب بركانية الأصل (volcanogenic deposits)

من المجنيتيت مثل رواسب كيرونا وتاربرج في السويد.

رواسب متبقية (residual deposits)

لاتيريت (laterite) ورواسب ميكانيكية مرقدية مثل راسب الأكوف في شيلي ورواسب القحمة على شاطئ البحر الأحمر في المملكة العربية السعودية.

رواسب الحديد في المملكة العربية السعودية

يوجد العديد من أنواع رواسب الحديد المذكورة أعلاه في المملكة (شكل ٣٣) فهناك :

● الرواسب الصحارية في مناطق إدساس ووادي خمال ووادي حيان ولقطة ومثقال وغيرها.

- رواسب التحول الميتاسوماتي في نطاق التماس في منطقة جبل الحمراء ، والمصينة بالقرب من بلدة الحليفة .
- مُكوّنات الحديد الشريطية (BIF) لما قبل الكامبري في منطقة وادي صواوين - شمال غرب الدرع العربي .
- خامات رسوبية بطروخية في مكونات الغطاء الصخري ، كما في الشميسي ووادي فاطمة في الجزء الغربي من المملكة .
- رواسب متبقية (لاتيريت) في جبال السروات .
- رواسب ميكانيكية مكانية على ساحل البحر الأحمر في كل من القحمة وأملج .
- نواتج عمليات التأكسد (جوسّان) في مناطق عديدة في المملكة كما في وادي وسط ووادي قطن وبئر إدمه وغيرها .

وفيما يلي نعرض لأهم هذه الأنواع ومناطق وجودها :

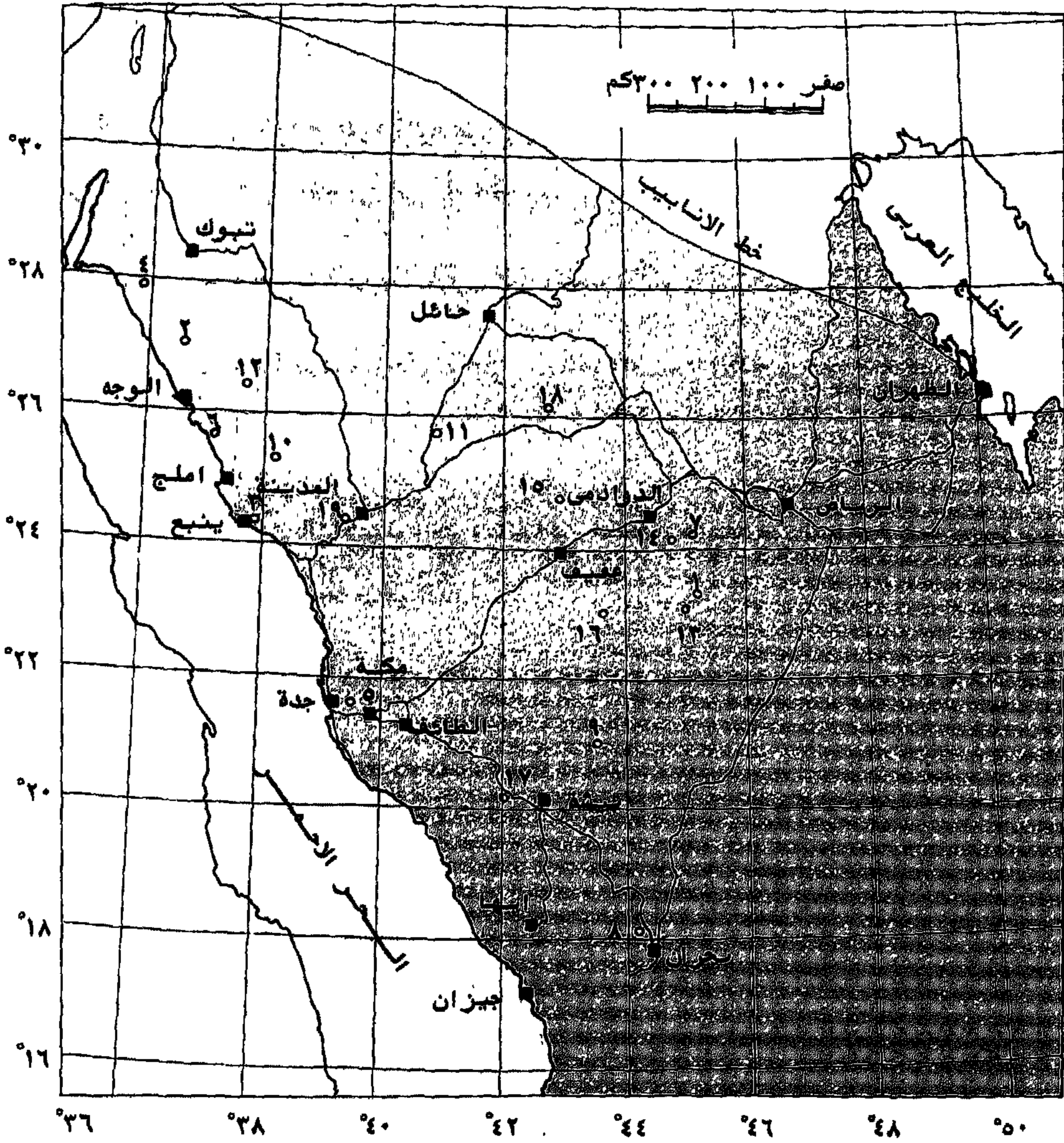
أولاً : الرواسب الصهارية magmatic deposits

يوجد هذا النوع من رواسب الحديد المغناطيسي (التيثاني عادة) في مواقع كثيرة من الدرع العربي ، ولكنها في معظمها مواقع صغيرة ليست بذات قيمة اقتصادية حالياً ، نذكر منها : جبل إدساس ، وادي حيان - ققّب ، وادي خمال ، طوال البئر ، المسلية ، لقطة ، مريجب وجبل شايع . ويعتبر جبل إدساس أهم هذه المواقع ويتبعه في ذلك وادي حيان ووادي خمال .

١) جبل إدساس Jabal Idsas

تقع منطقة جبل إدساس على بعد حوالي ٧٠٠ كم عن كل من شاطئ البحر الأحمر والخليج العربي ، في منتصف المملكة العربية السعودية تقريبا وعلى بعد ٢٢٠ كم تقريبا غرب جنوب غرب مدينة الرياض ما بين خطي عرض ٢٣°١٨ و ٢٣°٢١

شمالاً وخطي طول ٤٥°١٠ و ٤٥°١٣ شرقاً، بالقرب من الحد الشرقي للدرع العربي (شكل ٣٣).



شكل (٣٣) خريطة توضح أهم مواقع تمعدن الحديد والفلزات الحديدية في المملكة العربية السعودية .

تابع شكل ٣٣ - مواقع الحديد والفلزات الحديدية

الحديد :

- ١ - إدساس
- ٢ - حيان
- ٣ - خمال
- ٤ - الصواوين
- ٥ - فاطمة

المنجنيز :

- ٦ - ظيلان (ساحل البحر الأحمر)
- ٧ - الخنيقية

النيكل :

- ٨ - قطن
- ٩ - الجداير

الكروم :

- ١٠ - العيس
- ١١ - طلوحه
- ١٢ - اس والعويند
- ١٣ - تيس
- ١٤ - المغيرة

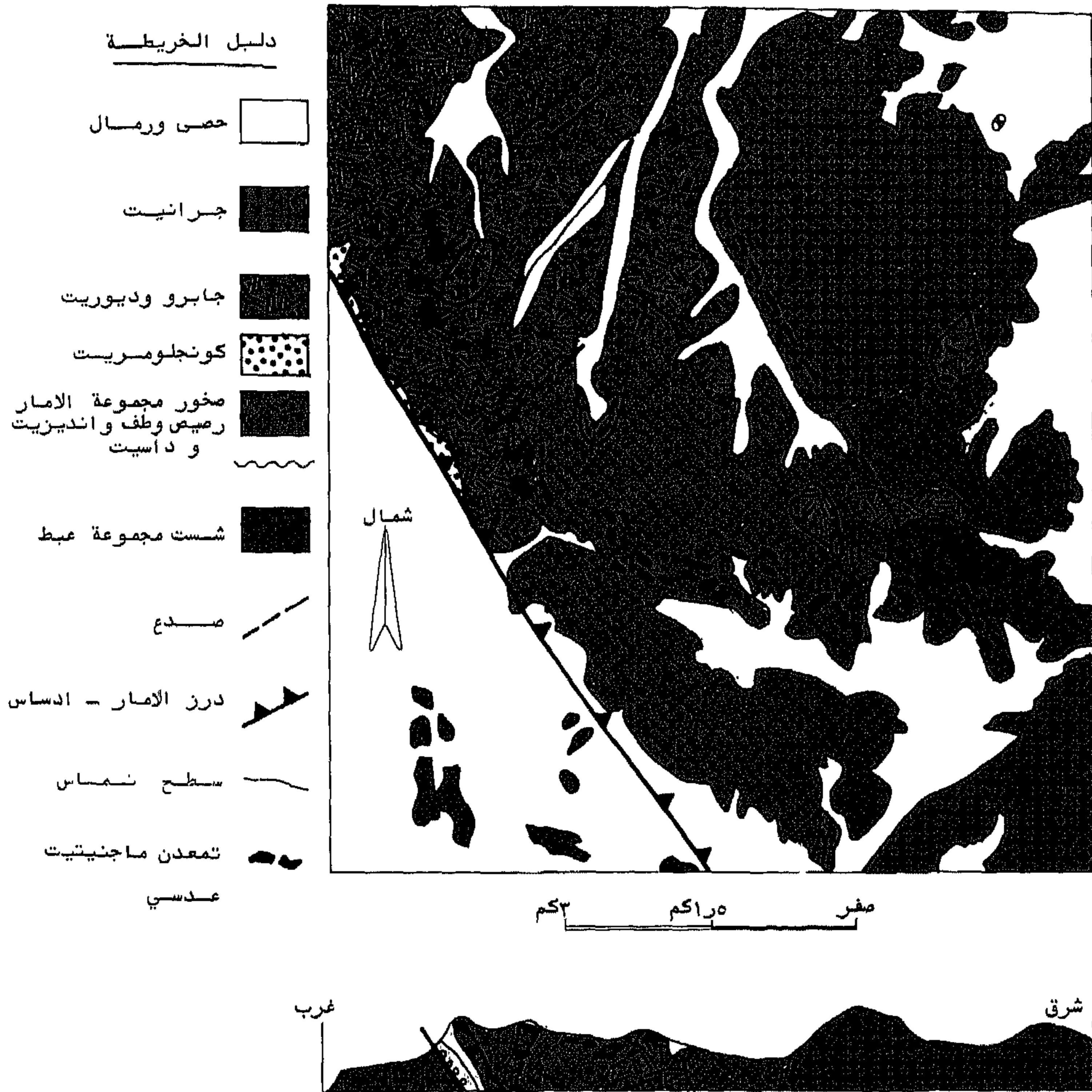
التنجستن :

- ١٥ - بدع الجملة

الموليبدنم

- ١٦ - جبل كرش
- ١٧ - عبلة
- ١٨ - المشاهيد (المشاحيد)
- ١٩ - السدارة

يصل طول المنطقة المتمعدنة إلى حوالي ٧ كيلو مترات ، وتتكون من صخور مجموعة الأمار (الحليفة) البركانية والفتاتية المتحولة من الأنديزيت والجريواكي والحجر الرملي وخلافه ، والمحقونة بالجابر والديوريت (شكل ٣٤) .



شكل (٣٤) خريطة جيولوجية ومقطع تخطيطي لمواقع تمعدن الحديد المغناطيسي في جبل إدساس .
معدلة من (Ashworth and Abdul Aziz (1978).

يوجد الحديد المغناطيسي في جبل إدساس على عدة أشكال وهي :

(أ) الراسب الكتلي (massive ore) ، ويوجد في عدسات ، وهو أسود اللون فلزي بلوري ، يتكون من المجنيتيت وقليل من الليمونيت والهيماتيت في التشققات وحواف الحبيبات . ويعتبر الكوارتز أكثر المعادن الغثة وجوداً مع المجنيتيت بالإضافة إلى قليل من الكلوريت والإبيدوت .

(ب) الراسب المنثور (disseminated ore) وهو عبارة عن بلورات أو حبيبات أو تجمعات من حبيبات المجنيتيت منثورة في الصخور المضيفة .

(ج) الراسب العرقي (stringer ore) وهو عبارة عن عريقات أو عروق متدخلة من المجنيتيت في الصخر المضيف وعادة ما يغلب على هذا النوع دقة بلوراته وحبيباته .

(د) الراسب البجماتيتي (pegmatitic ore) حيث توجد بلورات كبيرة من المجنيتيت مع بلورات من الأكتينوليت الابرية الشكل أو التريموليت التي عادة ما تكون متأثرة بعوامل التعرية تاركة سطحاً مميزاً لهذا النوع من الراسب .

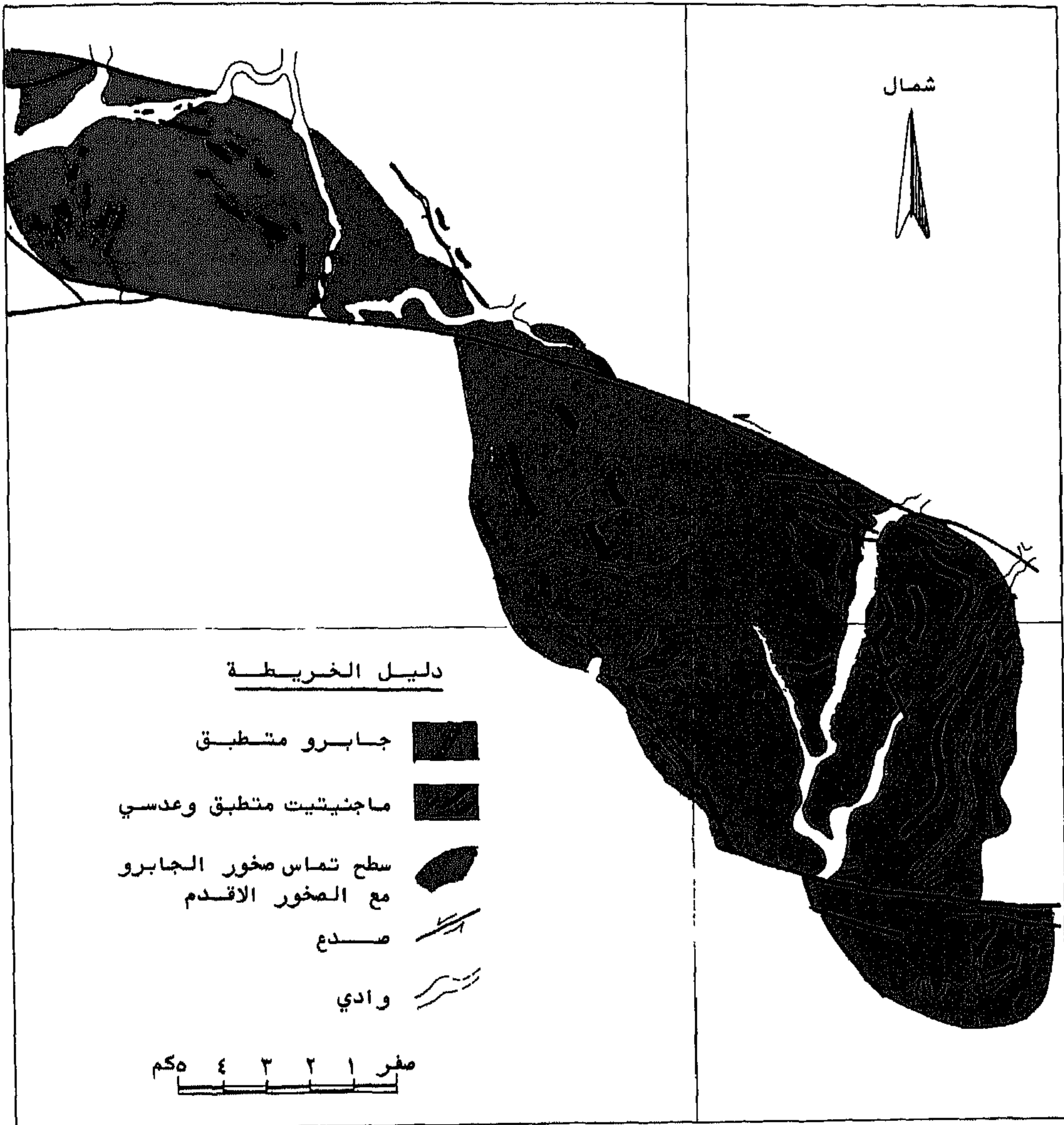
أما الصخور المضيفة لراسب جبل إدساس فهي صخور الجابرو والديوريت ، وكذلك صخور الأنديزيت المتحولة .

أمكن تقدير الاحتياطي بحوالي ١,٣ - ١,٦ مليون طن تحتوي على ٦٤ - ٦٦٪ حديد لو أخذ في الاعتبار العدسات والعروق الكتلية . أما راسب التمعدن المنثور بنسبة ١٨ - ٢٠٪ حديد فيقدر الاحتياطي بـ ٣٠٠ مليون طن . هذا ويمكن استخراج ٤٧ مليون طن بطريقة التعدين المكشوف بنسبة ٢١ - ٢٢٪ حديد . وبالرغم من ذلك ، لا يعتبر هذا الموقع اقتصادياً في الوقت الحاضر (Ashworth and Abdulaziz 1978) .

٢) وادي حيان Wadi Hayyan

يوجد عدد من أجسام المجنيتيت التيتاني في منطقة وادي حيان في معقد وادي حيان ووادي قبب القاعدي المتطبق (شكل ٣٣) . ويشتمل الجسم المتدخل على صخور الجابرو والديوريت المختلفة في تركيبها المعدني ، والتي تكون طبقات نارية متميزة .

يوجد معظم تمعدن الحديد التيتاني في شكل عدسات أو أجسام مستطيلة موازية لتطبق الصخور في هذا المعقد، خاصة بصحبة الطبقات فوق القاعدية مثل الدونيت والبيروكسينيت (شكل ٣٥)، ويتلاشى التمعدن تقريبا في نطاقات الأنورثوزيت. كما توجد كميات قليلة منه على شكل عروق قاطعة لاتجاه التطبيق.



شكل (٣٥) خريطة جيولوجية مبسطة لمواقع تمعدن الماجنيثيت التيتاني في معقد وادي حيّان - وادي قبقب القاعدي. معدلة من Igarashi (1970).

المعادن المكونة للخام هي المجنيتيت والهيماتيت والإلمنيت، والمعادن الغشة المصاحبة هي الأوليفين والبيروكسين. معظم رواسب الحديد في هذه المنطقة متوسطة أو منخفضة الرتبة حيث تحتوي على نسبة ما بين ٢٥ - ٣٤٪ حديد + ٣ - ٦٪ تيتانيوم. أما إجمالي الاحتياطي في موقعي وادي حيان ووادي قبقب لجميع أنواع الرواسب منخفضة ومتوسطة وعالية الرتبة فيصل إلى حوالي ٦٠٠,٠٠٠ طن، نصفها تقريباً في كل موقع (Higashimoto 1970 ، Igarashi 1970).

٣) وادي خمال (كمال)، بئر نبط (Wadi Khumal)

يقع وادي خمال على بعد ٥٠ كم شمال شرق ينبع البحر (شكل ٣٣)، ويشتهر بوجود معقد قاعدي متطبق من الجابرو والأنورثوزيت يمتد ما بين وادي خمال وبئر نبط ولمسافة تبلغ خمسين كيلو متراً وبعرض حوالي خمسة كيلو مترات. ويشتمل هذا المتدخل على العديد من عدسات الحديد المغناطيسي التيتاني ضمن طبقات الجابرو والأنورثوزيت (شكل ٣٦)، ويعتقد بأن صخور الجابرو هذه جزء من حزام جبل الوصق الأفوليتي حيث تمثل امتداده الجنوبي الغربي.

يوجد التمعدن على شكل عدسات عديدة متوافقة مع طبقات الصخور القاعدية في نطاق صخري أو وحدة صخرية تمتد حوالي خمسة كيلومترات بعرض ستة أمتار، تقع على بعد ١١ كيلو متراً للشرق من بئر نبط. وتتجه هذه العدسات، مع الطبقات الحاوية، باتجاه شمال غرب وبميل ٤٥° إلى الشمال شرق موازياً للتطبق. كما توجد عدسات أخرى ما بين هذه المنطقة وبئر نبط. أمكن تقدير كمية الخام في المنطقة بحوالي ٢ مليون طن، ٤٠٠,٠٠٠ طن منها في موقع واحد. وتتراوح نسبة الحديد في الخام ما بين ٣٣ - ٥٢٪ وأكسيد التيتانيوم بـ ١٨٪.

أما العدسات الموجودة في وادي خمال نفسه فهي أصغر حجماً وأقل عدداً، وموجودة في طبقات من الأنورثوزيت والجابرو الذي يحتوي أحياناً على نسبة تصل إلى ٣٠٪ مجنيتيت منشور (Chevremont 1982 و Chevremont and Johan 1981) و (Pellaton 1975 و Alabouvette and Pellaton 1975).



شكل (٣٦) خريطة جيولوجية لموقع تمعدن وادي خمال (كمال). معدلة من Chevremont and Johan (1981)

نشأة رواسب المجنيتيت التيتاني : يسود الاعتقاد بأن معظم أنواع هذا التمعدن قد تكونت بالانفصال عن الصهارة وذلك إما بتجمع بلورات الأكاسيد في الصهارة (التمايز الصهاري magmatic segregations) أو بالتركيز الذي يؤدي إلى انفصال محاليل غنية بعنصري الحديد والتيتانيوم. وتشير الدلائل الجيولوجية والكيميائية إلى أن تمعدن المجنيتيت في جبل إدساس قد تكون بإنفصاله عن صهارة الجابرو والديوريت في المنطقة والتي كانت غنية بعنصري الحديد والتيتانيوم. أما التمعدن المصاحب للصخور البركانية (الأنديزيت) في جبل إدساس فيعتقد بأنه نتج عن تحرك المجنيتيت من الصخور القاعدية أثناء إحدى عمليات التحول وارتفاع الحرارة ليكون عروقاً في صخور الأنديزيت في المنطقة.

ثانياً : مكونات الحديد الشريطية (Banded Iron Formations (BIF

يعرف هذا النوع في مناطق وادي صواوين في الشمال، وبعض مناطق المملكة الأخرى مثل منطقة العقيق في غامد وهو من النوع الجسبيليتي (jaspilitic iron ore). وتشتمل منطقة الصواوين على ٩ مواقع للتمعدن أهمها وادي الصواوين، ثم منطقة الشربة بالقرب من ساحل البحر الأحمر (شكل ٣٧) وتنحصر المنطقة الحاوية لخامات الحديد بين خطي عرض ٢٦°٥٠ ، ٢٨°٢٠ شمالاً وخطي طول ٣٥°١٥ و ٣٥°٥٠ شرقاً.

منطقة وادي الصواوين (Wadi Sawawin)

تقع رواسب حديد وادي صواوين في الجزء الشمالي الغربي من جبال الحجاز، على بعد حوالي ٨٠ كم إلى الشمال من جدة وحوالي ٦٠ كم شرقاً من ساحل البحر الأحمر (شكل ٣٧).

تتميز المنطقة بالطبيعة الجبلية شديدة الانحدار، ويصل ارتفاع أعلى جبالها - جبل الدُّبغ - إلى ٢٣٥٠ م فوق سطح البحر.

جيولوجية المنطقة : ترجع الصخور المضيئة للحديد في منطقة وادي صواوين إلى ما قبل الكامبري وتتبع متكون السليسية الذي يضم تتابعاً من الصخور الفتاتية

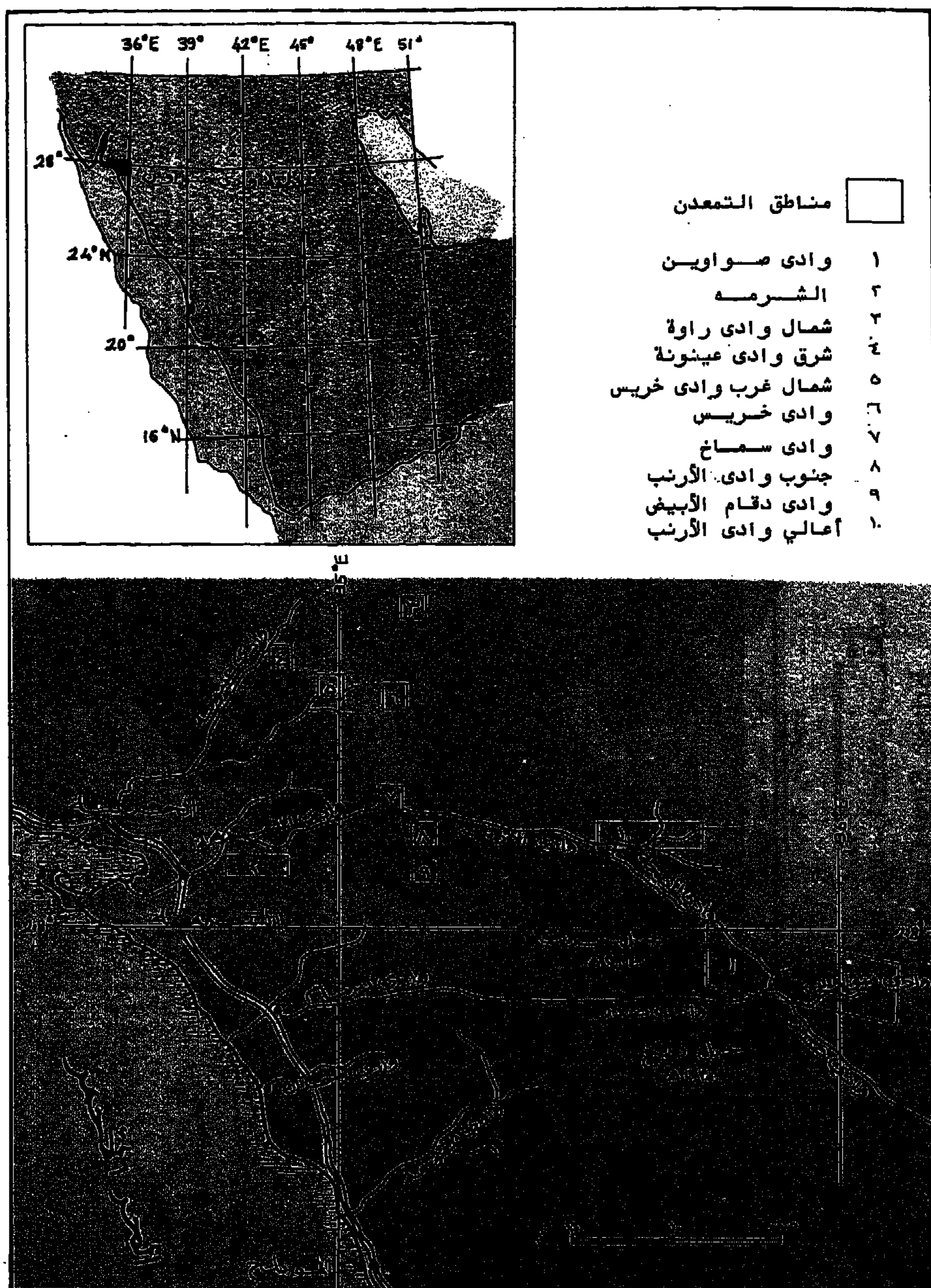
البركانية الأصل ، المتوسطة والحمضية التركيب والفتاتية الرسوبية ، بالإضافة إلى بعض الفيوض البركانية . يصل سمك المتكون إلى حوالي ١١٠٠ م . تستقر هذه الصخور لاتوافقيا على البركانيات القاعدية إلى المتوسطة التركيب التابعة لتكون غوجة . يقطع متكون السليسية كثيراً من المحقونات الجوفية الجرانيتية . تحولت صخور المتكون إقليمياً إلى سحنة الشست الأخضر وتشوهت بالطي والتصدع .

تتوزع أماكن ظهور راسب الحديد الجسبيليتي (jaspilitic iron ore) في منكشفات عدة بالمنطقة ، منها عشرة منكشفات تتوزع بصورة متقطعة على مسافة ٢٥ كم باتجاه المضرب (strike) (شكل ٣٨) ، أهمها المنكشفات الخمسة في منطقة جبل السنفة - سحلولة ، والتي تشكل بقايا تجوية طبقة كانت متصلة . وهذه تشمل الراسب رقم ٣ الذي أجريت عليه معظم الدراسات وأعمال التقييم وابتحاث تحسين مواصفات الخام .

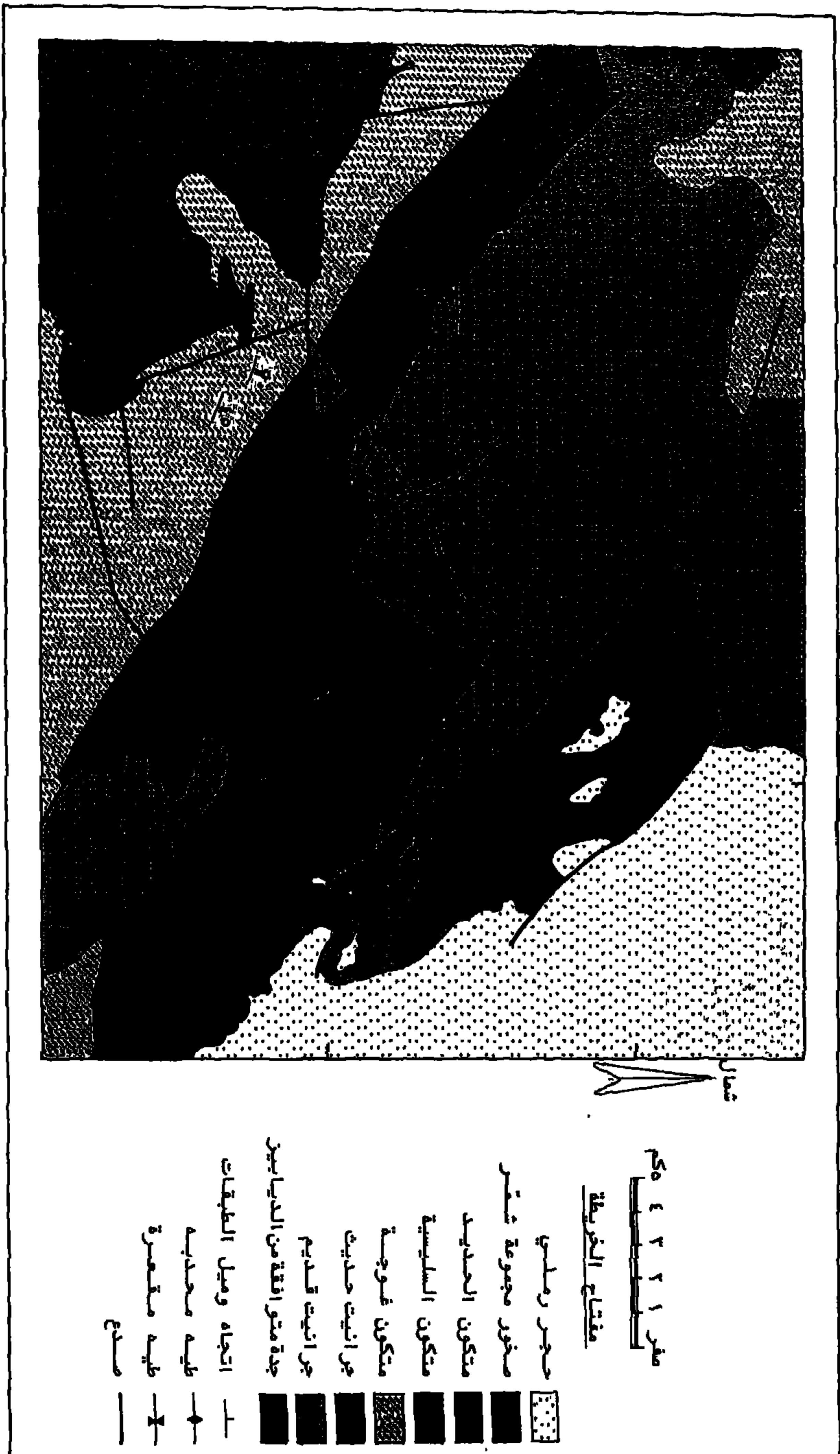
تقسم طبقات متكون السليسية إلى عضوين (شكل ٣٨) يتكونان من نسب مختلفة من أركوز طفي ، وحجر رملي ، ورصيص ، وصخور طينية ، وطف ، وصوان وطبقات من حجر الحديد .

يحتوي العضو السفلي ، والذي يشكل حائط القدم (footwall) للتمعدن ، على بعض الطبقات والعدسات الغنية بالهيماتيت والمجنيتيت وكذلك من الصوان ما بين طبقات الطف الحديدي (شكل ٣٩) . تتزايد نسبة هذه العدسات كلما اقتربنا من طبقات الحديد الرئيسية . وتكرر نفس الصورة في العضو العلوي - الحائط المعلق (hanging wall) حيث يتلاشى التمدن تدريجاً عبر منطقة انتقالية من الطف الحديدي دقيق التحبب . وعليه ، فإنه يمكن اعتبار أن مكون الحديد يمثل فترة هدوء تكتوني لحوض الترسيب ، وانخفاض معدل إمداده بالفتات المنقول ، مما سمح بتراكم مكون الحديد وما يصاحبه من صوان وطف دقيق التحبب . يتدرج مكون الحديد - والذي قد يصل سمكه إلى ٥٨ م - إلى صخور طينية طفية .

توجد جدد شبه متوافقة من الديابيز قاطعة مكون الحديد والصخور المحيطة به في كل من الحائط المعلق وحائط القدم (شكل ٣٩) .



شكل (٣٧) خريطة تبين مواقع تمدن الحديد في منطقة الصواوين . معدلة من British Steel Corporation (1981).



شكل (٣٨) خريطة جيولوجية لمنطقة رواسب الحديد في وادي الأحساين . معدلة من شركة
British Steel Corporation (1981)

والصخور المتطبقة بالمنطقة مطوية بشدة حول محاور تتجه باتجاه الشرق - غرب، كما أن مكون الحديد به الكثير من الطي الشديد غير المتجانس والمتزامن مع الترسيب.

تنتمي رواسب الحديد في وادي الصواوين إلى النوع من مكونات الحديد الشريطية BIF المعروفة باسم نوع ألوما (Algoma type) والذي يوجد دائماً في صخور بركانية وفتاتية بركانية، والذي تتفق معظم الآراء على تكونه من مصادر بركانية (volcanogenic) أثناء فترة توقف النشاط الناري، حيث خرجت الزفرات (exhalations) المحتوية على الحديد ورسبته في حوض ترسيب تسود فيه البيئة المؤكسدة.

ومكون الحديد الرئيس، صخر بالغ الصلابة رقائقي (laminated) فيه أحزمة من الجاسبر الأحمر القاني متبادلة مع أحزمة رصاصية سوداء غنية بالهيماتيت والمجنيتيت على نطاق المليمترات أو السنتيمترات، والامتداد الجانبي لهذه الأحزمة محدود فهي نادراً ما تمتد إلى عدة عشرات من الأمتار. كما توجد بداخل مكون الحديد أحزمة من الطف عقيمة (لا تحوي خام) أو منخفضة المحتوى من المجنيتيت يقل سمكها عادة عن المتر الواحد.

يتكون الخام من حبيبات متداخلة من الهيماتيت والمجنيتيت والكوارتز، ميكروسكوبية الحجم، تترتب في أحزمة أو عدسات متناهية الدقة، وتوجد معادن الكلستيت والكلوريت الحديدي والسيريسيت والأباتيت والبيريت بصحبة الخام كمكونات إضافية، ويمكن تمثيل التركيب الكيميائي للخام بما يلي :

٤٢٪ حديد، ٢٨٪ سيليكات، ٣، ٠٪ فوسفور، ٤٪ مجنيزيا وألومينا وحديدوز في صورة معادن سيليكاتية، وآثار من الكبريت (من معدن البيريت).

الاحتياطيات : يحتوي الموقع رقم ٣ من مجموعة جبل السنفة - سحولة على ٨، ٩٤ مليون طن يمكن استخراجها بمتوسط رتبة ٥، ٤٥٪ حديد و ٣، ٢٨٪ سيليكات و ٣١، ٠٪ فوسفور و ١١، ٠٪ كبريت و ٩٪ أكاسيد حديد موجودة على صورة مجنيتيت لا يمكن استعاضته في عمليات الاستخلاص.

ويبلغ إجمالي احتياطيات باقي المناطق حوالي ١٥٠ مليون طن .

هذا وقد أثبتت التجارب العملية المكثفة على الخام إمكانية تحسين مواصفاته بعملية التعويم للحصول على مُركز نهائي يحتوي على ٥٠, ٦٤٪ حديد و ٥٪ سيليكات (British Steel Corporation (Overseas Services) Limited 1981 و (Smith *et al.* 1984) .

ثالثاً) خامات الحديد الرسوبية الفانيروزية Phanerozoic Sedimentary Iron Ores

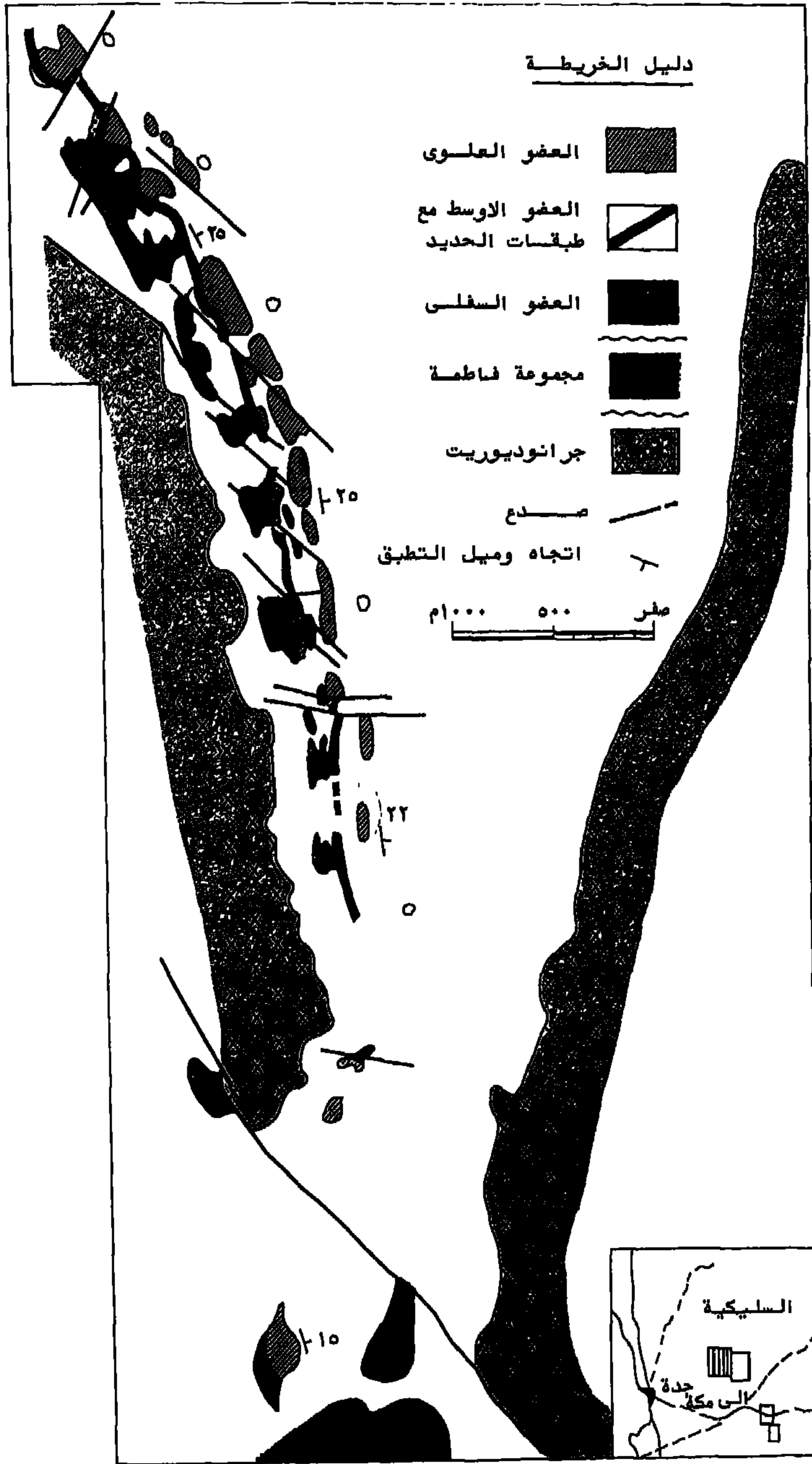
تمثل هذه برسوبيات الحديد السرثي (البطروخي) في مناطق وادي فاطمة بين جدة ومكة المكرمة (شكل ٣٣) ، وكذلك بحجر الحديد (ironstones) الموجودة بين صخور الغطاء الفانيروزي على الحافة الشرقية الوسطى للدرع العربي ، والمنطقة الوسطى من هذا الغطاء .

منطقة وادي فاطمة Wadi Fatima

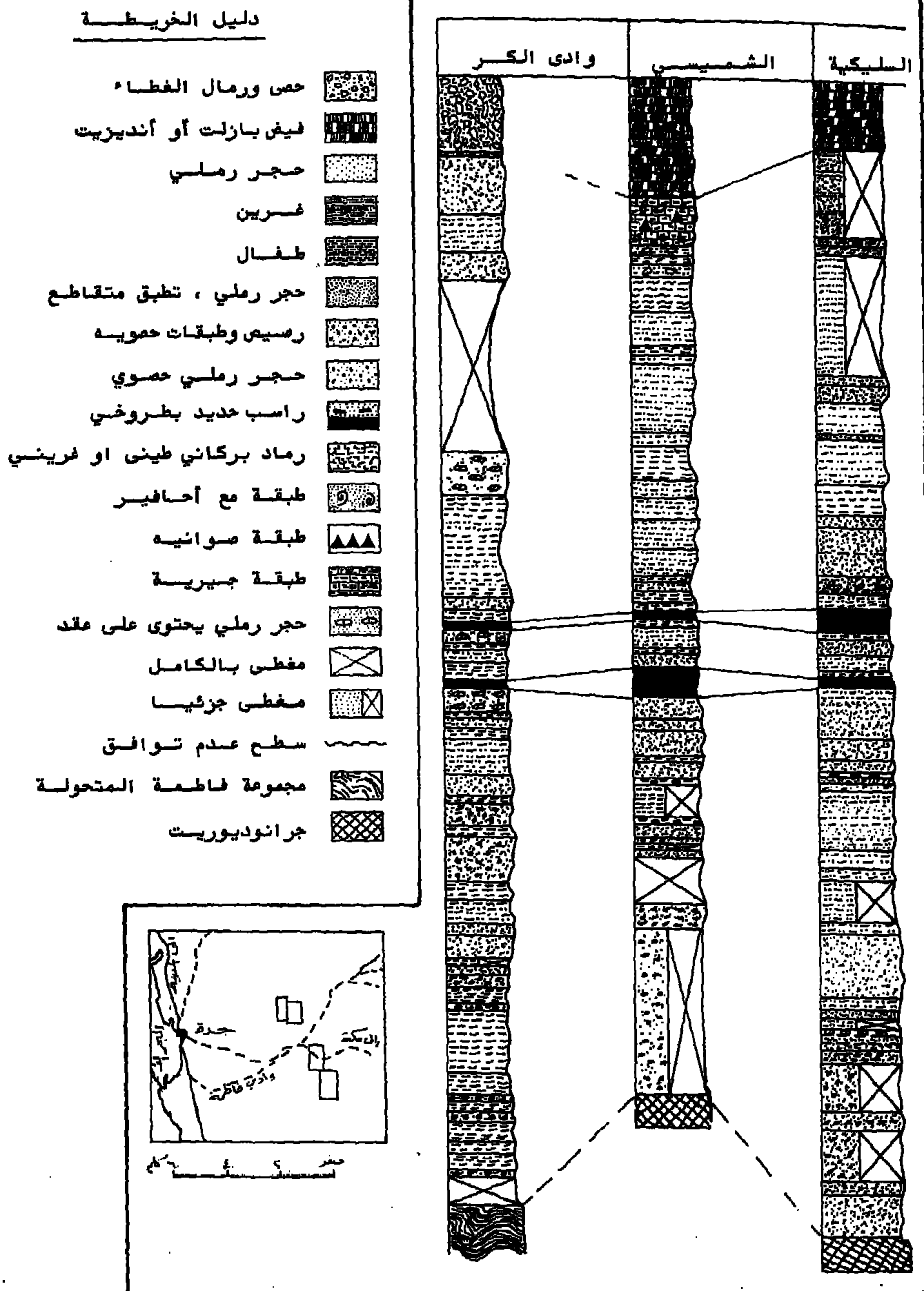
تتمثل الصخور الرسوبية في هذه المنطقة في متكون الشميسي الرسوبي الذي يحتوي في جزئه الأوسط في العادة على طبقتين من الحديد السرثي (البطروخي Oolitic iron ore) . تظهر رواسب هذا المتكون في أماكن كثيرة من هذه المنطقة (شكل ٤٠) . وأهم المناطق الاقتصادية هي التي سميت بمناطق ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ حيث تقل الأهمية الاقتصادية تصاعدياً (Al Shanti 1966) .

ونظراً لوجود اختلافات واضحة في الخواص الطبيعية والتكوينية لوحداث صخور متكون الشميسي فقد جرى تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء (أعضاء) - الجزء (العضو) السفلى والجزء (العضو) الأوسط والجزء (العضو) العلوي .

تتكون الوحدات الرسوبية لهذا المتكون من طبقات الحجر الرملي (sandstone) وحجر الغرين (siltstone) وطبقات الطفال (shale) والحجر الرملي الحصى (pebbly sandstone) والصوان (chert) والرماد البركاني (volcanic ash) والحديد السرثي (البطروخي) . يختلف إجمالي سمك المتكون من منطقة لأخرى ، ويتراوح عادة ما بين ٨٠ - ٢٠٠ متر تقريباً (شكل ٤١) .



شكل (٤٠) خريطة جيولوجية لمنطقة رقم ١ - السليكية - لرواسب الحديد في منطقة وادي فاطمة .
معدلة من (Al Shanti 1966) .



شكل (٤١) أعمدة طباقية لتكون الشميسي في ثلاث مناطق ، السليكية ، الشميسي ، ووادي الكر ، يوضح الاختلافات في سمك طبقات الحديد وغيرها . معدلة من Al Shanti (1966) .

يستقر متكون الشميسي لا توافقيا فوق الصخور المتبلّرة (نارية و متحولة) التي تأثرت بشدة بعوامل التعرية المختلفة . ويتجه ميل طبقات هذه الرسوبيات عموماً بدرجة تتراوح ما بين ١٥ - ٣٠ شرقاً وكثيراً ما تكون درجة الميل لهذه الطبقات هي ٢٥ شرقاً .

ويعتقد أن ميل هذه الطبقات في وضعها الحالي راجع إلى تجديد الحركة على الصدوع الإقليمية في المنطقة ، والتي تتجه للشمال الغربي موازية للصدوع المكونة للبحر الأحمر . ونتيجة لتجدد الحركة على هذه الصدوع الإقليمية تكونت في متكون الشميسي صدوع محلية موازية ، وهذه تكون نسبة عالية من مجموع الصدوع المحلية .

ومن دراسة أنواع الصخور وما تحويها من أحافير بحرية كبيرة (macrofossils) في الطبقات السفلى والعليا منها ، وأحافير قارية في الطبقات الأعلى ، نستنتج احتمال بدء الترسيب في عصر الأوليجوسين في حوض بحري ضحل ، وتبع ذلك هبوط تدريجي عام تخللته تذبذبات خفيفة بين ارتفاع وانخفاض في قاع الحوض تبادلت بها رواسب دقيقة وأخرى أقل دقة . ثم انتهى الترسيب في هذه المنطقة بتكون رواسب قارية محلية تتبع عصر الأوليجوسين (Al Shanti 1966) .

بالإضافة إلى الصخور الرسوبية السابق ذكرها ، توجد بالمنطقة صخور القاعدة وتتكون من الصخور النارية (وأكثرها انتشاراً الجرانوديوريت والجرانيت) ومن الصخور المتحولة (ومنها شيست الأمفيبول الذي يحتوي على طبقات من شيست السريسيت ، والكوارتزيت وشيست الكلوريت) . وكذلك صخور مجموعة جدة التابعة لما قبل الكامبري ، وهي صخور بركانية وفتاتية بركانية تشتمل على صخر الأنديزيت والأجلوميريت والريوليت ، بالإضافة إلى متكون فاطمة وهو عبارة عن صخور رسوبية وبركانية من ما قبل الكامبري وقعت تحت تأثير عوامل جيولوجية وتكتونية مختلفة جعلت منها رسوبيات متحولة إلى حد ما ، ومطوية ومشوهة بدرجة كبيرة .

لقد أمكن مقارنة رواسب خام الحديد الرسوبية في هذه المنطقة بنظيراتها بجمهورية مصر العربية (أسوان) وفي سوريا (منطقة راجو) من حيث الطبيعة والأصل ، والعمر الجيولوجي تقريباً .

مناطق وجود الحديد: تعتبر منطقة السليكية، وهي المنطقة رقم (١) من أهم مناطق وجود خام الحديد في وادي فاطمة، حيث توجد فيها طبقتان من الحديد تمتدان شمالا جنوبا إلى ما يزيد على سبعة كيلومترات، ويبلغ متوسط سمك الطبقة العليا منهما حوالي ثلاثة أمتار تقريبا، ومعدل نسبة الحديد فيها ٤٦,٥٪، أما الطبقة السفلى فيصل سمكها إلى حوالي ١,٥ م، ومعدل نسبة الحديد فيها ٤٢٪.

أما المنطقة رقم (٢) فتقع في الشميسي، جنوب المنطقة الأولى رقم (١) وتمتد لمسافة ١٧ كم شمالا جنوبا، يعتبر الجزء الشمالي من هذه المنطقة هو الجزء الهام اقتصاديا حيث يمتد إلى مسافة ستة كيلومترات ويحتوي على طبقتين من الحديد، يبلغ متوسط سمك الطبقة السفلى حوالي ٣,٥ م ومعدل نسبة الحديد فيها ٤٨,٥٪، أما الطبقة العليا فيصل متوسط سمكها ٢ م تقريبا وتحتوي على نسبة ٣٦,٥٪ حديد.

أما المنطقة رقم (٣) فتقع على الحافة الغربية لوادي الكر، على الطرف الشمالي لجبل ضاف، ومعظم هذه المنطقة مغطى، إلا في مناطق قليلة، وقد أمكن الكشف عن الجزء الشمالي منها بعمل خنادق سطحية. يبلغ طول المنطقة الإجمالي حوالي ٥ كم في اتجاه شمال جنوب. ويظهر في هذه المنطقة طبقتان من الحديد، تكون السفلى الطبقة الهامة حيث بلغ معدل سمكها حوالي مترين، تحتوي على نسبة ٣٣٪ حديد، أما الطبقة العليا فيصل معدل سمكها إلى نصف متر فقط ومحتواها من الحديد يتراوح ما بين ٣٠ و ٣٥٪. وتعتبر الإمكانات الاقتصادية لهذه المنطقة أقل مما هو في مناطق السليكية والشميسي وذلك لقلة سمك طبقات الحديد ومحتواها من الحديد.

أما المنطقة رقم (٤) فتقع شمال بلدة الجموم في وادي فاطمة، تغطيها الحرة البركانية وتمتد إلى مسافات طويلة منكشفة هنا وهناك على حافتها الغربية. يتراوح سمك طبقة الحديد هنا ما بين ١ - ١,٥ م تقريبا بمعدل ٣٥٪ حديد، أما الطبقة الثانية فغير ظاهرة في هذه المنطقة ولكنها تظهر في منطقة هدى الشام والمناطق المجاورة (Al Shanti 1966).

وصف خام الحديد: يسمى خام الحديد بالبطروخي (oolitic iron ore) نظرا لأن حبيباته تشبه بيض السمك في شكلها وحجمها، ويتراوح قطر الحبيبات ما بين

٥, ٠ م - ٢ م، ولكنه عادة ما يكون في حدود ١ م تقريباً، ويزيد عن ذلك في مواقع كثيرة إلى أن تصبح حبيباته حمصية (بازلائية) (pisolitic) كما هو الحال في الجزء العلوي من طبقة الخام الرئيسة في المنطقة رقم (٢) الشميسي. يميل لون الخام إلى البني الغامق أو الأحمر القاني، وحبيباته متماسكة مع بعضها البعض بمواد حديدية أو حبيبات ناعمة من الرمل الحديدي. كما يكون تماسكها أحياناً ضعيفاً ويسهل تفطيتها باليد. وتظهر هذه الخاصة على السطح الظاهر من طبقات الحديد أو أجزاء منه نتيجة التعرية التباينية (differential erosion). تتكون حبيبات الخام من معدن الجيثيت (goethite) أو الهيماتيت (hematite) المتصقة مع بعضها البعض بمعدن الجيثيت الدقيق الحبيبات، وتتكون الحبيبات البتروخية من طبقات متتالية من الجيثيت والهيماتيت والطين الحديدي محيطة بنواة تكون أحياناً من الكوارتز أو من الهيماتيت أو من الجيثيت أو جزء من حبيبة بتروخية (Al Shanti 1966).

اقتصاديات خام الحديد: دلت الدراسات التحليلية والتقييمية بأن هناك حوالي ٥٠ مليون طن من الحديد البتروخي في منطقتي (١) والجزء الشمالي من منطقة ٢ أ، ففي المنطقة الأولى يوجد حوالي ٣٢ مليون طن، وفي المنطقة الثانية حوالي ١٨ مليون طن تتراوح نسبة الحديد فيه ما بين ٤٤٪ - ٥٠٪ وقد أمكن تركيز هذه النسبة إلى ٥٨٪.

ويعتد هذا الراسب استراتيجياً يمكن استغلاله عند الحاجة إليه. أما في الوقت الحاضر فلا يعتبر اقتصادياً، نظراً لأن الجزء الأكبر من خام الحديد لا يمكن استخراجه إلا بطريقة التعدين تحت السطحية المكلفة. أضف إلى ذلك أن الماء الضروري للتعدين غير متوافر.

ونظراً لسهولة التعدين السطحي، تقوم شركات الأسمنت في المنطقة القريبة بالحصول على احتياجاتها منه لصناعة الأسمنت مما تسبب في تشويه منكشفات الحديد في كلتا المنطقتين الرئيسيتين وفي بعض المواقع من المناطق الأخرى في وادي فاطمة والشميسي.

المنجنيز (Mn) Manganese

المنجنيز هو أهم الفلزات بعد الحديد في صناعة سبائك الصلب كما أنه مطلوب

في الصناعات الكيميائية مثل صناعة البطاريات الجافة والأصباغ والزجاج وغيرها .

ويبلغ الإنتاج العالمي من المنجنيز حوالي ٢٤ مليون طن يأتي حوالي ثلثها من الاتحاد السوفييتي . وأهم الدول المنتجة - بالإضافة له - هي جنوب إفريقيا والبرازيل وأستراليا والجايبون . وأهم معادن المنجنيز المستعملة هي :

بيرولوزيت (pyrolusite) (MnO_2) (٦٣٪ Mn) .

منجانيت (manganite) (MnO.OH) (٦٢٪ Mn ، ٤) .

رومانشيت (romanechite) $(\text{Ba Mn}^{++} \text{Mn}_8^{+++} \text{O}_{16} (\text{OH})_4)$ (٦٠ - ٤٥٪ Mn) .

وكان يعرف سابقا بسيلوميلين (psilomelane) .

هوسمّيت (hausmannite) (Mn_3O_4) (٧٢٪ Mn ، ٥) .

رودوكروسييت (rhodochrosite) (MnCO_3) (٤٧٪ Mn ، ٦) .

رودونيت (rhodonite) (MnSiO_3) (٤١٪ Mn ، ٩) .

بيمنتيت (bementite) $(\text{Mn}_8 \text{Si}_6 \text{O}_{15} (\text{OH})_{10})$ (٣٩٪ Mn ، ١) .

والواد (wad) وهو اسم حقلي لمزيج من أكاسيد المنجنيز المائية وغير المائية وهيدروكسيدات متبلّرة وغير متبلّرة . ويعتبر الواد للمنجنيز كالليمونيت للحديد والبوكسيت للألومنيوم .

تقسم خامات المنجنيز ، وتخصص للاستخدامات المختلفة حسب نسبة الفلز فيها على النحو التالي :

راسب كيميائي ويحتوي على ٨٢ - ٨٧٪ MnO_2

راسب ميتاليرجي ويحتوي على ٤٦٪ MnO_2

راسب منجنيز حديدي ويحتوي على ١٠ - ٣٥٪ MnO_2

راسب حديد منجنيزي ويحتوي على ٥ - ١٠٪ MnO_2

وهناك ثلاثة أنواع مهمة من رواسب المنجنيز هي :

١ - خامات رسوبية متطبقة (stratiform sedimentary ores) .

٢ - خامات بركانية الأصل أو حرمائية (volcanogenic-hydrothermal deposits) .

(وتشمل عقد المنجنيز على قيعان المحيطات) .

٣ - خامات متبقية (متخلقة) (residual deposits) نتجت عن تجوية الصخور

الحاوية للمنجنيز وتركيز أكاسيده القليلة الذوبان على السطح .

المنجنيز في المملكة العربية السعودية

عرف في المملكة نوعان من خامات المنجنيز :

- ١ - نوع رسوبي مصاحب للرسوبيات التابعة للعصر الميوسيني في صخور الغطاء بغرب المملكة .
- ٢ - نوع بركاني رسوبي مصاحب لرواسب الكبريتيد الكتلي في منطقة الحنيقية .

المنجنيز الرسوبي على ساحل البحر الأحمر

توجد بين طبقات الحجر الجيري الرملي والحجر الجيري الدولوميتي التابع للميوسين والموجود في الشريط الساحلي ما بين الوجه وأملج ، عدة أماكن تظهر فيها رواسب المنجنيز على هيئة طبقات رقيقة متوافقة مع التتابع ، يتراوح سمكها بين ٥ و ٤٠ سم ، وتتكون أساساً من أكاسيد المنجنيز الترابية (wad) . ونظراً لقلّة سمك هذه الطبقات وصغر امتدادها لم تجذب الاهتمام لدراستها تفصيلاً .

المنجنيز البركاني الرسوبي في الحنيقية

وجدت بعض عدسات من أكاسيد المنجنيز متطبقة مع الطّف الصواني (cherty tuffite) المصاحب لأجسام الكبريتيد الكتلي في المنطقة ، وخاصة بصحبة جسم الخام رقم (٣) وبدرجة أقل مع جسم الخام رقم (٤) (شكل ٢٨ أ) . يتكون الخام من معدن البيرولولوزيت (pyrolusite) بصفة أساسية . والكميات الموجودة من الخام محدودة ولم تجر عليها أية دراسات تفصيلية حتى الآن (Testard 1983) . وبالإضافة ، هناك العديد من مناطق ظهور شواهد من المنجنيز في أماكن متفرقة ، خاصة في الغطاء الرسوبي ، لم يصل أي منها إلى الدرجة التي تجذب الاهتمام لدراستها تفصيلاً .

النكل (Ni) Nickel

يأتى النكل بعد المنجنيز في الأهمية في صناعة سبائك الحديد والصلب ، كما أن له استخداماته الأخرى المتعددة ، مثل صناعة العملات والطلاء الكهربائي وغيرها .

ويبلغ الاحتياج العالمي من النيكل حوالي ٨٠٠,٠٠٠ طن، يأتي إنتاجها من الرواسب الكبريتيدية ورواسب اللاتيريت، ويأتي معظم الإنتاج من سدبري (Sudbury) في كندا (٢٤٥,٠٠٠ طن) ثم الاتحاد السوفيتي (١٦٨,٠٠٠ طن) ثم كاليدونيا (١١٠,٠٠٠ طن) ثم إستراليا وكوبا.

وأهم معادن النيكل الأولية المستغلة اقتصاديا هي البنتلانديت ($\text{pentlandite (Fe, Ni) S}_8$) والذي يوجد في رواسب الكبريتيدات مصاحبا للكلكوبيريت والبيروتيت، وكذلك معادن النيكل الثانوية مثل البرافويت ($\text{bravoite (Fe, Ni) S}_2$) والفيلولاريت ($\text{violarite (Ni}_2\text{FeS}_4$) والجارنيريت ($\text{garnierite (Ni,Mg)}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$).

وهناك نوعان من رواسب النيكل المستغلة اقتصاديا هي :

١ - رواسب كبريتيدات النيكل والنحاس المصاحبة للمحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة مثل سدبري بكندا والبركانيات فوق القاعدية مثل كمبالدا (Kambalda) في إستراليا. وقد تكونت الخامات هنا على هيئة أجسام كتلية (massive) أو على صورة منشورة (disseminated) كما قد توجد على صورة مادة لاحمة لبريشيا حائط القدم (Breccia ore) أسفل المحقونات القاعدية - فوق القاعدية. ، نسبة وجود النيكل هنا ١,٥٪ مع ٢٪ نحاس تقريبا.

٢ - رواسب متبقية (residual deposits) من خليط من سيليكات النيكل تنتج عن تجوية الصخور فوق القاعدية - السربيتينية أساسا - مثل الموجودة في كاليدونيا وكوبا، ويتراوح محتوى النيكل هنا ما بين ١ - ٤٪.

رواسب النيكل في المملكة العربية السعودية

وجد النيكل في المملكة بكميات قليلة في مواقع عدة ، إما على شكل عدسات صغيرة في الصخور القاعدية كما هو الحال في منطقة وادي خمال (كمال)، أو مصاحبا لكبريتيدات الحديد في الصخور البركانية متوسطة التركيب كما هو الحال في منطقة وادي قطن في جنوب المملكة وخاصة موقع الهضبة.

١) وادي قطن Wadi Qatan

تقع منطقة وادي قطن في جنوب الدرع العربي على خط طول ٤٤° شرقا وخط

عرض ١٨٦ شمالاً (شكل ٣٣)، وتكثر فيها الصخور البركانية مثل البازلت والأنديزيت والداسيت الفيضية والفتاتية المتحولة التي تقطعها أجسام عدة من صخور الأداميليت والديوريت.

يوجد تمعدن النيكل في أحد مواقع الجوسان الموجودة بكثرة في منطقة وادي قطن والذي يسمى بموقع الهضبة مصاحباً للبيريت والبيروتيت. تم اكتشاف هذا التمعدن بعد عمل سبرماسي للموقع حيث وجد جسم من البيريت الكتلي الذي يحتوي على بعض معادن النيكل. ينكشف جوسان الهضبة في عدة مواقع منفردة في حزام يبلغ طوله ٢ كم ويمتد في اتجاه شمال ٤٠ غرب وتبلغ المساحة الإجمالية للتمعدن على السطح بحوالي ٣٩٠٠٠ م^٢.

وجدت شركة الدرع العربي للتعدين (Arabian Shield Mining Company) التي حصلت على امتياز التنقيب في هذه المنطقة أن نسبة النيكل في أحد الثقوب الماسية كانت ١,٥٪ بسمك ٣١ متراً وطول ٦١ متراً وأن أعلى نسبة أمكن التوصل إليها كانت ٢,٩٪ بسمك متر واحد، وأما معدل وجود النيكل في الموقع فهو ١,٢٪، ونظراً لصعوبة استخراج النيكل من الخام فالمقترح استخراجها على شكل سبيكة مع الحديد (٢٥٪ نيكل و ٧٥٪ حديد).

يتكون التمعدن الكتلي هنا من البيريت والبيروتيت. ويشكل البنتلانديت (pentlandite) أهم معادن النيكل الذي يتداخل مع معدن البيروتيت في نسيج شبه لهبي (flame texture) مما يدل على الإحلال، وبالإضافة يوجد الفيولاريت (violarite) ونسبة أقل من البرافويت (bravoite) تحت منطقة التأكسد مباشرة، وكلاهما ناتج ثانوي عن البنتلانديت (Dodge and Rossman 1975).

٢) جبل جداير Jabal Jidair

يقع جبل جداير على خط عرض ٢١٤ شمالاً وخط طول ٤٣٢٩ شرقاً على بعد حوالي ٧٠ كم جنوب شرق مدينة رانية Ranyah (شكل ٣٣).

وصخور هذه المنطقة قاعدية وفوق قاعدية تابعة لحزام نبيطة (الممتد من طلوحه إلى الحمضة) والذي تشيع فيه مكونات التتابعات الأفيوليتية من الجابرو المتحول والبيروكسينيت والسربنتين وغيرها.

صادف أحد ثقوب الحفر الماسي منطقة من السربنتينيت تحتوي على نسبة ما بين

٥ - ١٠٪ بيروتيت (وقد يصل أحياناً إلى حوالي ٢٥٪)، ووجد أن معدن النيكل الموجود هو الفيولاريت (violarite) بكميات قليلة. وبالتحليل الكيميائي وجد أن السربنتينيت يحتوي على نسبة ٢٢٨٠ جزء في المليون نيكل. وهذا لا يزيد كثيراً عن النسبة العادية للنيكل في الصخور فوق القاعدية وهي ٢٠٠٠ جزء في المليون. وعلى ذلك، فإن النيكل هنا لا يعتبر اقتصادياً (Gonzales 1970).

٣) وادي خمال (كمال) Wadi Khumal

تقع هذه المنطقة في الجزء الغربي الأوسط للدرع العربي، بالقرب من ساحل البحر الأحمر، على بعد ٤٠ كم شمال مدينة ينبع البحر على خط عرض ٢٤°٣٠ شمالاً وخط طول ٣٧°٥٤ شرقاً (شكل ٣٣).

الصخور المضيفة لمعدن النيكل هنا هي صخور قاعدية وفوق قاعدية متطبقة في جسم بيضى المنكشف يمتد شمال - جنوب، ويتكون بصفة أساسية من صخور الجابرو والأنورثوزيت (شكل ٣٦).

ينكشف التمعدن على السطح على شكل عدسات صغيرة من الجوسان، وبحفر هذه المواقع وجد أنها مكونة من البيريت والبيروتيت. يصاحب تمعدن النيكل وهو الببتلانديت معدن البيروتيت. وبالتحليل الكيميائي وجد أن معدل وجود النيكل هو ٢٧٠٠ جزء في المليون مع وجود نسب أعلى من ذلك أحياناً في بعض المواقع الصغيرة والتي تمثل فقط ٥٪ من إجمالي التمعدن في المنطقة. وقد وصلت النسبة فيها إلى ١٢، ١٧، ٥، ٣، ٤٪ نيكل (Chevremont 1982 و Chevremont and Johan 1981). وعليه فيعتبر وجود النيكل في هذا الموقع غير اقتصادي في الوقت الحالي.

الكروم (Cr) Chromium

يعتبر الكروم من أهم العناصر في تجهيز سبائك الصلب ذات الاستخدام الخاص، كما يستعمل أكسيده كمادة مقاومة للحرارة في تبطين الأفران العالية وفي الصناعات الكيميائية. يبلغ الإنتاج السنوي حوالي ١٠ مليون طن تأتي من جنوب إفريقيا (٤، ٢ مليون طن) والاتحاد السوفيتي (٢، ٢ مليون طن) وألبانيا (٠، ٠٠٠، ٧٠٠، ٠٠٠ طن) ثم تركيا وزمبابوي والفلبين والهند وكوبا.

ومعدن الكروميت ($\text{chromite (Fe Cr}_2\text{O}_4)$) هو معدن الخام الوحيد للكروم،

ويجب أن يحتوي الراسب على ٤٥٪ (Cr_2O_3) علي الأقل حتى يكون اقتصادي الاستغلال، كما يجب أن تكون نسبة الكروم إلى الحديد أكبر من ٥ : ٢ : ١ حتى يمكن استعمال الخام في الأغراض الميتاليرجية .

وكل رواسب الكروميت صهارية الأصل، تكونت بصحبة الصخور القاعدية - فوق القاعدية من خلال عملية تبلر مبكر للكروميت، ثم انفصاله عن الصهارة بتأثير الجاذبية، وهبوطه إلى الأجزاء السفلى من الغرف الصهارية. ويوجد المعدن في صورة عدسات أو طبقات أو كتل غير منتظمة كما قد يوجد منشورا (disseminated) في الصخر.

وهناك نوعان من رواسب الكروميت :

١ - النوع المتطبق (layered chromite) الموجود على هيئة طبقات أو عدسات قليلة السمك شاسعة الامتداد في المحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة (layered basic-ultrabasic intrusions) كما في معقد البوشفيلد (Bushveld) بجنوب إفريقيا .

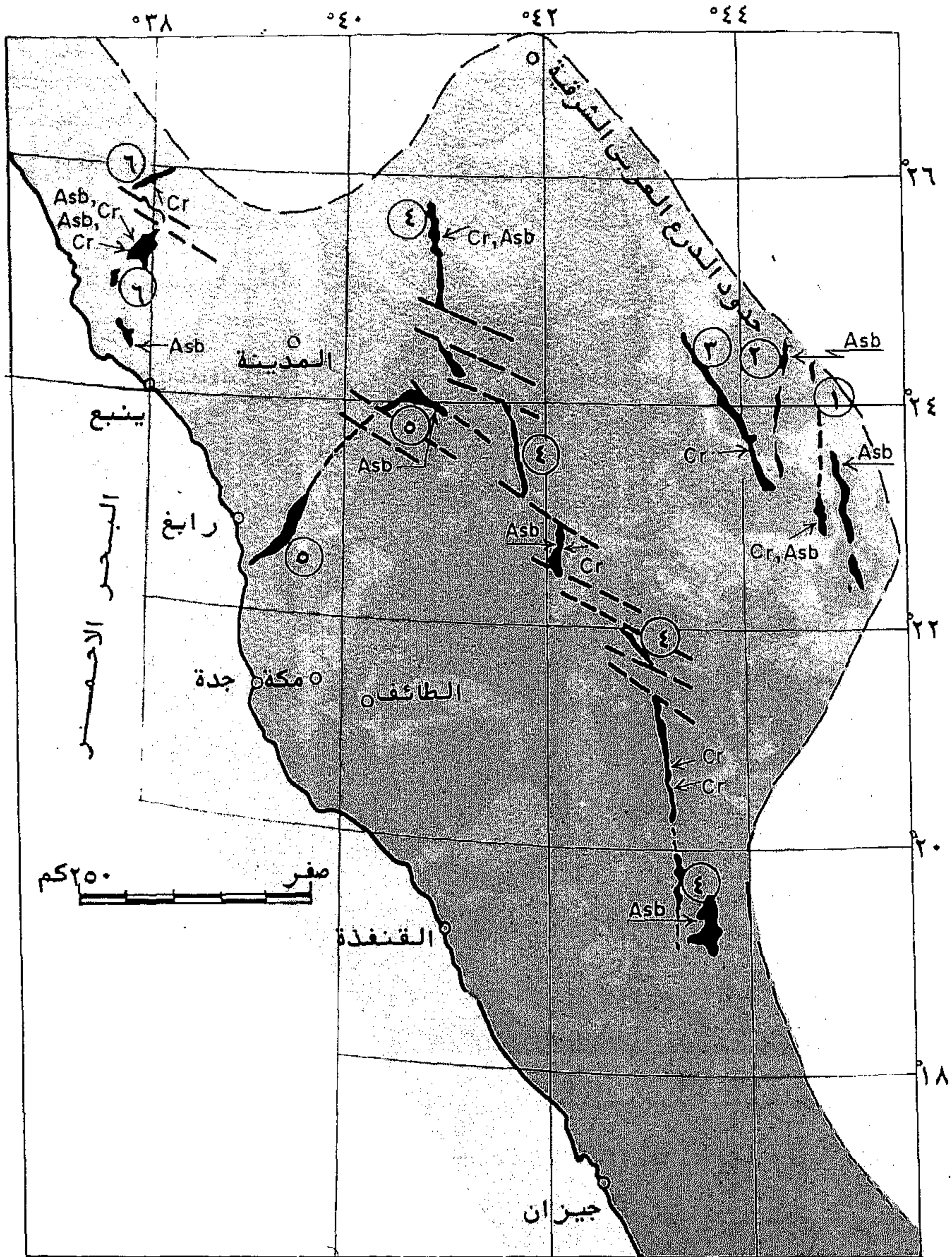
٢ - رواسب الكروميت الكرية (podiform) حيث يوجد الكروميت في التتابعات الأفيوليتية ملاصقا للمكان المفترض لسطح الموهو (Moho) بين الراق الثالث والراق الرابع من التتابع ويعرف هذا بالنوع الألبيني (Alpine - type) .

الكروميت في المملكة العربية السعودية :

اكتشفت رواسب صغيرة من الكروميت في صحبة تتابعات أفيوليتية في العديد من المناطق بالمملكة (شكل ٤٢) أهمها ما يلي :

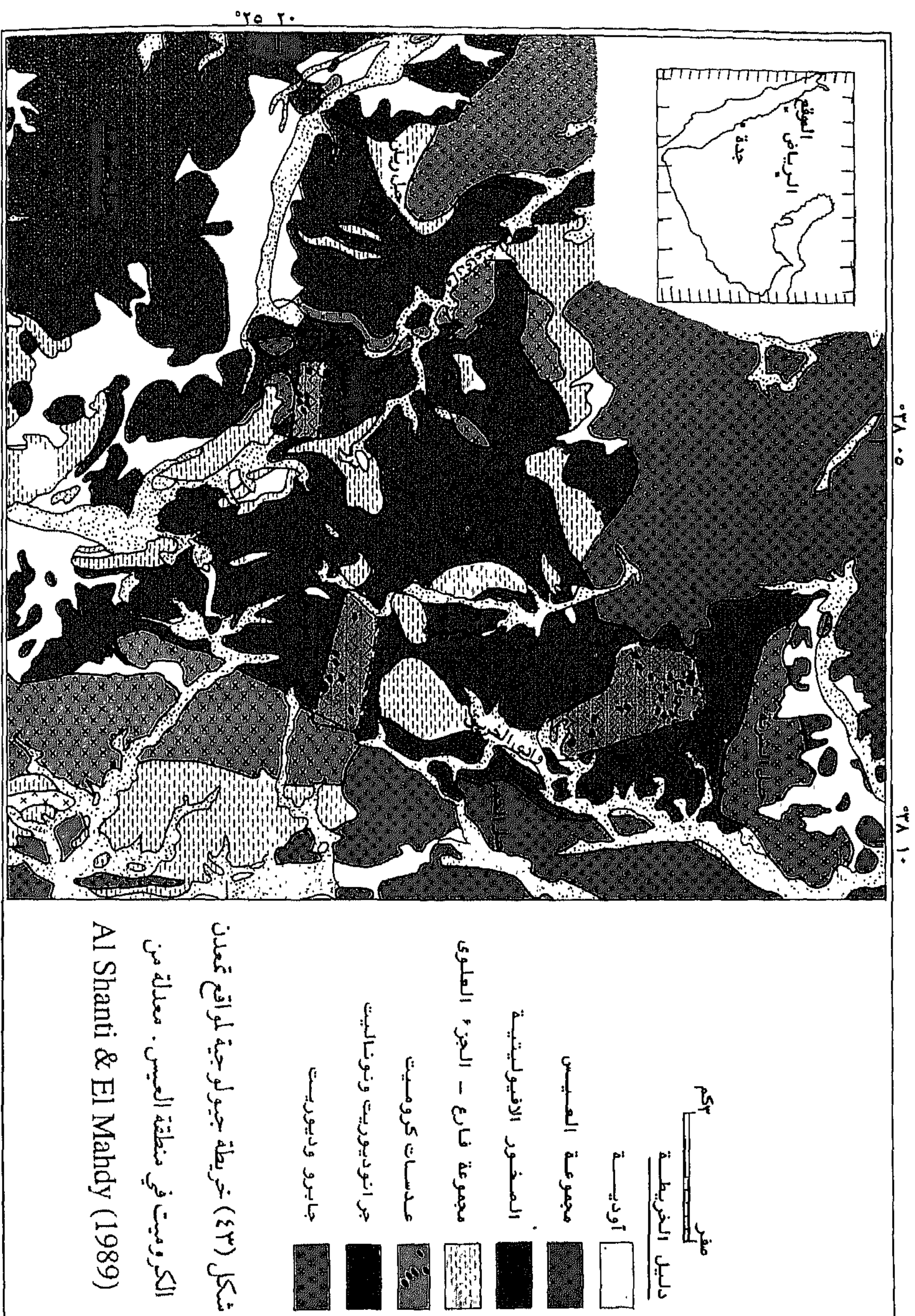
١) منطقة العيس Al Ays

تقع على بعد ١٥٠ كم شمال شرق مدينة ينبع البحر، ما بين خط عرض ٢٥°١٠ و ٢٥°٢٧ شمالاً، وخط طول ٣٨°٠٠ و ٣٨°١٥ شرقاً (شكل ٤٢). تحتوي هذه المنطقة على صخور تتابع الأفيوليت التابع لحزام جبل إس - جبل الوصق (درز ينبع) والذي يحتوي على صخور قاعدية وفوق قاعدية بالإضافة إلى صخور بركانية ورسوبية متحولة تغطي هذا التتابع لاتوافقياً. وأكثر هذه الصخور وجوداً هي صخور السربنتين والجابرو (شكل ٤٣) (Al Shanti and El-Mahdy 1989) .



- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| (١) حزام الأمار - رادساس | (٢) حزام جبل حميان - صبحه |
| (٣) حزام البجادية - حلبان | (٤) حزام حليفة - حمفة (تبيطة) |
| (٥) حزام بشر عمق - جبل ذروة | (٦) حزام جبل إس - جبل الوسق |

شكل (٤٢) مواقع وجود تمعدن الكروميت (Cr) والأسبستوس (Asb) في الدرع العربي .



يصاحب الكروميت الصخور فوق القاعدية وخاصة الدونيت على شكل عدسات يغلب أن تمتد إلى بضعة أمتار طولاً ومتر واحد أو أقل عرضاً. وأمكن إحصاء حوالي ٣٦٠ موقع تمعدن كروميتي بأحجام مختلفة في هذه المنطقة. يوجد الكروميت كذلك كأحد المكونات المعدنية الداخلة في تركيب الصخر وتصل نسبته في بعض الأحيان إلى ٨٥٪ من الصخر حيث يسمى الصخر حينئذ بالكروميتيت (chromitite). ويوجد تمعدن الكروميت بالمنطقة على عدة أشكال هي :

□ **منقول transported** : وهو ناتج إما عن تمعدن أولى انتقل من مكانه إلى أماكن أخرى بفعل عوامل التعرية المختلفة كما هو الحال في الحصى (pebbles) والجلاميد (boulders) التي انتقلت مئات الأمتار بعيدة عن موقعها الأصلي. أو نتجت عن تمعدن أولى بقي في مكانه مكشوفاً بعد تعرية الصخر حوله ويأخذ أشكالاً عدة ما بين الحصى والجلاميد إلى عدسات مختلفة الأحجام.

□ **محلي in situ** :

(أ) عدسات (lenses) : وهي أجسام متجانسة يصل طولها من ٣ - ٦ أضعاف عرضها.

(ب) طبقات (layers) : يصل طولها إلى مسافات كبيرة ولكن نسبة الكروم فيها قليلة وسمكها غير متغير تقريباً ويمكن قياس الامتداد والميل لهذه الأجسام كما هو الحال في الطبقات الصخرية.

(ج) كروميت منشور (disseminated) حيث ينتشر الكروميت في أحزمة دقيقة من الصخر تحيط بعدسات الكروميت أو منعزلة عنها.

(د) كروميت مرقط (leopard chromite) حيث تكون تجمعات حبيبات الكروميت كريات في وسط من السربنتينيت يضيف عليها شكل النمر المرقط. كما وأن الخام نفسه قد يكون على أي من الأشكال التالية :

(أ) كتلي (massive) : متوسط إلى كبير الحبيبات ، خالٍ من الشوائب أو أن نسبتها قليلة .

(ب) كتلي متورق (massive foliated) : حيث تظهر الحبيبات على شكل وريقات وهذا غير شائع إلا في مناطق القص الشديدة (shear zones) .

(ج) كروميتيت (chromitite) : حيث يختلط الكروميت مع السربنتينيت إلى أن

تصل نسبته في الصخر إلى حوالي ٨٥٪ . ويكثر وجود هذا النوع محيطة بالعدسات الكتلية، كما يوجد في الطبقات .
(د) طبقات السربنتين الغنية بالكروميت .

و (Chevremont and Vaillant 1983 و Delfour 1982 و Kemp 1982 و Al Shanti and El-Mahdy 1989) .

٢ (منطقة المصينة (بير طلوحه) Musaynaah (Bir Tuluhah)

تكثر عدسات الكروميت في حزام الأفيوليت في المنطقة في الصخور فوق القاعدية المتحولة إلى السربنتين، وأمكن إحصاء ٢٢ عدسة في منطقة بئر طلوحه، على خط عرض ٢٥°٤٠ شمالاً وخط طول ٣٨°٤٠ شرقاً (شكل ٤٢)، ويتراوح طول كل منها ما بين ١ و ٤ أمتار وعرضها ما بين ٥٠ - ١٠٠ سم . وبلغ طول أحداها ٣٠ متراً تقريباً .

ويضم تتابع الصخور الحاوية للتمعدن الدونيت (dunite) والسربنتين (ser-pentinite) والأنورثوزيت (anorthosite) والجابرو (gabbro) والبازلت (basalt) . ويعتبر السربنتين المتحول من الدونيت أو الهارزبورجيت أكثر الصخور احتواءً لعدسات الكروميت في المنطقة (Al Shanti and El-Mahdy 1989 و Kattan 1983 ، Delfour 1982) .

٣ (منطقة الشيزم (العويند وجبل إس) Ash-Shizm (Al Oweined and Jabal Ess)

تقع هذه المنطقة على بعد ٦٠ كم غرب جنوب غرب مدينة العلا، على خط عرض ٢٦°٣٧ شمالاً وخط طول ٣٧°٣٧ شرقاً، في الجزء الشمالي من الدرع العربي (شكل ٤٢) . توجد عدسات عديدة من الكروميت في السربنتين التابع لتتابع جبل إس - جبل الوصق الأفيوليتي (شكل ٤٤)، يصل طول بعضها إلى ٥ م وبعرض يتراوح ما بين نصف المتر والمتر تقريباً (Chevremont and Johan 1982 و Al Shanti and El Mahdy 1989) .

٤ (منطقة جبل تيس Jabal Tays

يقع جبل تيس على بعد تسعين كيلو متراً جنوب شرق بلدة الرويضة على طريق

الطائف الرياض السريع ، على طرف وادي السرداح الشرقي ، وهو جزء من حزام الأمار - إدساس الأفيوليتي ، انفصل عنه بسبب عوامل الطي والتهشم الإقليمي الشديد في المنطقة .

يوجد الكروميت على شكل عدسات عديدة موزعة على ثلاثة نطق رئيسة متوازية في صخور السربنتينيت المتحول جزئياً إلى تلك - كربونات - سربنتين ، يزيد طول إحداها عن عشرين متراً بعرض مترين تقريباً . أما العدسات الأخرى فتقل حجماً إلى أن يصل بعضها إلى 100×40 سم تقريباً . والكروميت في منطقة جبل تيس من النوع المرقط (leopard type) في معظمه إلا أن النوع الكتلي (massive) يتركز في الجزء الأوسط من العدسات (AlShanti and El-Mahdy 1989 و AlShanti and Gass 1983) .

٥ (منطقة مغيرة Mugherah

في الطرف الشمالي لمنطقة صدع الأمار - إدساس وعلى بعد حوالي ٥٠٠ متر منه يوجد جسم من الصخور فوق القاعدية المتحولة إلى السربنتينيت مصاحبة لصخور الشست التابعة لتكون العبط . يصاحب الصخور فوق القاعدية هذه ، عدسات صغيرة من الكروميت ، كما يلاحظ وجود حبيبات كروميت مثورة في صخر السربنتينيت .

اقتصاديات الكروميت في المملكة العربية السعودية

تعتبر منطقة جبل الوصق في حزام العيس الأفيوليتي أهم مناطق وجود الكروميت في المملكة ، ولقد أجريت العديد من الدراسات البحثية والتنقيبية ، بما في ذلك السبر الرأسي للكشف عن المزيد من الكروميت غير الظاهر على السطح ، ومحاولة زيادة الاحتياطي . وكانت نتيجة هذه الدراسات غير مجدية ، نظراً لصغر حجم أجسام الكروميت ، وصعوبة الكشف عنه تحت السطح باستخدام الطرق الجيوفيزيائية المعروفة . الاحتياطي المقدّر لمنطقة العيس (٢٤٠٠٠) طن كروميت في عدد ٨٣ عدسة كروميت .

يلي جبل الوصق في الأهمية منطقة وادي العويند وجبل إس في الطرف الشمالي في صخر السربنتينيت المتحول من الدونيت . .

هذا ويمثل وجود الكروميت في حزام الوصق - جبل إس حوالي ٨٠٪ من الكروميت الموجود في المملكة في حين يغطي الـ ٢٠٪ الباقية منطقة بئر طلوحه بالقرب من بلدة الحليفة (حوالي ١٥٪) ومنطقة جبل تيس (حوالي ٥٪) . أما أحزمة الأفيوليت

الأخرى فتحتوي على القليل من الكروميت على شكل عدسات منفردة صغيرة كما هو الحال في جبل ذروة، أو على كروميت على شكل حبيبات متشورة في صخر السربنتين في الكثير من المواقع (AlShanti and El-Mahdy 1989).

هذا ويبلغ إجمالي المناطق الأخرى غير منطقة العيس من الخام بـ (٣٥٠٠) طن كروميت. كان معدل احتواء الكروميت لجميع مواقع التمدن في الدرع العربي يتراوح ما بين ٤٤ - ٦٦ % Cr_2O_3 ، بنسبة كروم / حديد = ٢,٥ - ٥,٥ بمعدل ٣,٢ وهذا المعدل يعتبر مناسباً كيميائياً.

ولا يعتبر تمدن الكروميت بكميته المحدودة هذه ذا اقتصاديات كبيرة في الوقت الحاضر، نظراً لأن هذه الكمية موزعة في مساحات متباعدة، وليست مركزة في موقع واحد يمكن استغلاله منها بسهولة. غير أنه يمكن استغلاله عن طريق شركة خاصة وطنية نظراً لكونه سطحي المنكشف ويسهل تعدينه عن طريق تعدين سطحي. وذلك عندما تقوم صناعة وطنية لاستغلال هذا المعدن لإنتاج سبيكة الفولاذ الكرومي أو الطوب الحراري الكرومي أو في صناعة الكيماويات والدهانات وغير ذلك.

التنجستن (W) Tungsten

اكتشف فلز التنجستن في عام ١٧٨٠م ولم يعرف له استعمال معين حتى أوائل هذا القرن، حيث عرف أن الصلب المحتوي على كمية منه يمكن استخدامه لقطع أنواع الصلب الأخرى، ومن ذلك التاريخ اعتبر أحد دعائم صناعة أنواع معينة من الفولاذ. يستعمل فولاذ التنجستن اليوم في صناعة آلات قطع الصلب عند السرعات العالية حيث يحتفظ بصلابته حتى عندما يكون ساخناً لدرجة الاحمرار. وحديثاً استخدم التنجستن في إنتاج كريد التنجستن وهو مادة صناعية تلي الماس في صلابته. كما يستعمل التنجستن في تحضير فتائل المصابيح الكهربائية ونقاط التلامس في بعض المعدات الكهربائية وأيضاً في أجهزة أشعة إكس ودروع الدبابات ومواسير المدافع ومقدوفاتها.

توجد أهم احتياطات التنجستن في الصين (٥٠٪) وكوريا الشمالية والاتحاد السوفيتي (٣٠٪)، وتوزع الـ ٢٠٪ الباقية على دول العالم المختلفة. وبلغ إنتاج العالم ٤٣٠٠٠ طن من ركازات الولفرام (١٩٨١)، مثل إنتاج الصين

منها ٩٤٠٠ طن ، وروسيا ٧٨٠٠ طن ، والولايات المتحدة ٣٧٠٠ طن ، في حين أنتجت كوريا ٢٥٠٠ طن ، وبوليفيا ٢٠٠٠ طن . وبالرغم من أن التنجستن يوجد في أكثر من ٢٠ معدناً ، إلا أن المعادن المستغلة اقتصادياً للتنجستين هي فقط الشيليت (CaWO_4) (scheelite) والولفراميت ($(\text{Fe, Mn}) \text{WO}_4$) (wolframite) ، وعادة ما تكون رتبة الخام الاقتصادي أقل من ١٪ WO_3 ترتفع في المركبات إلى ٦٠٪ . وفلز التنجستن فضي رمادي اللون تبلغ كثافته النوعية ١٩,٣٥ ودرجة انصهاره ٣٤٠٠ م.

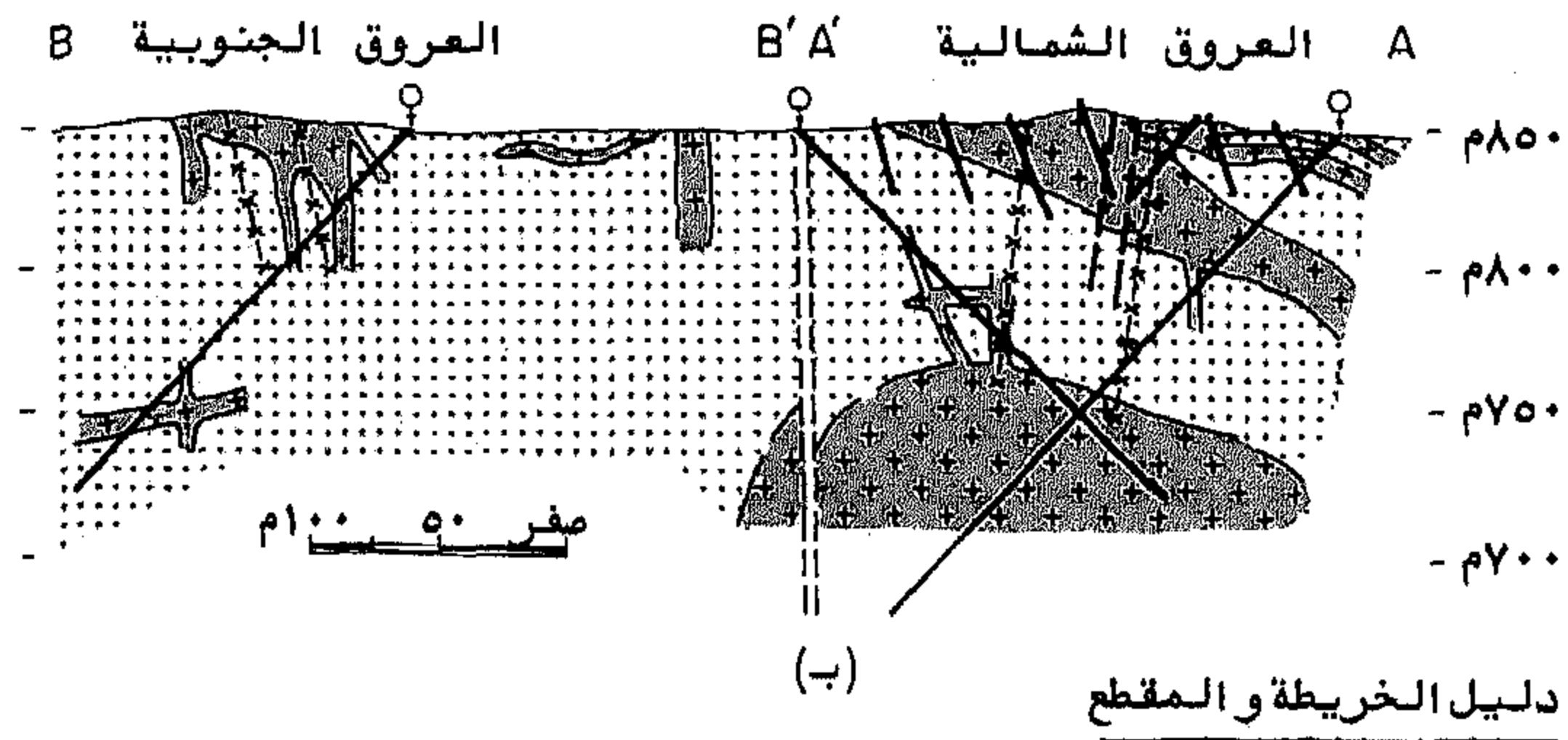
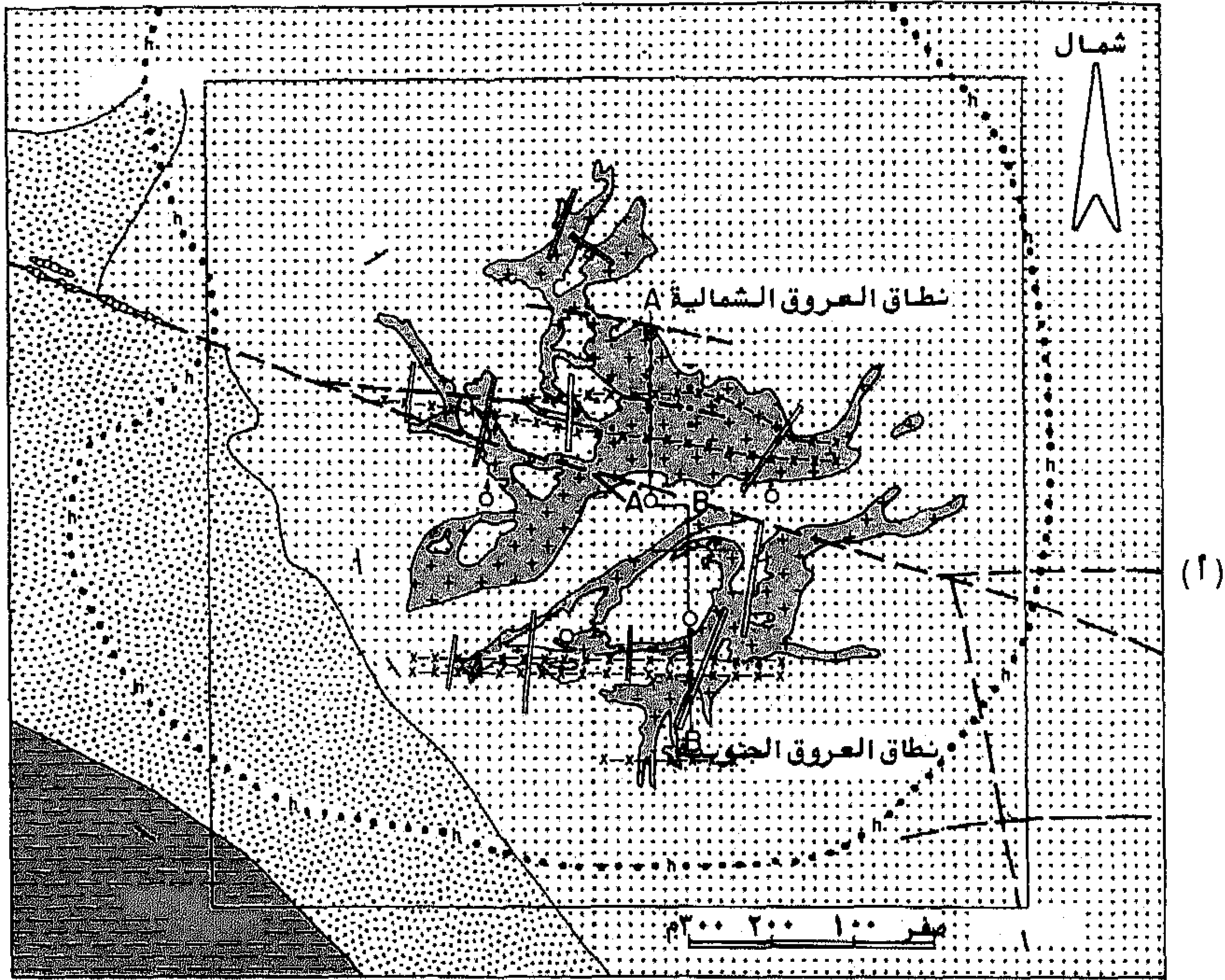
يوجد التنجستن في نطاقات التحول بالتماس (عادة في صورة شيليت) أو في عروق الكوارتز والبجماتيت المصاحبة للصخور الجرانيتية ، كما قد يوجد مع بعض رواسب القصدير أو الموليبدنم حيث يحصل عليه كناتج ثانوي . وهناك بعض رواسب المراق (placer deposits) المحتوية على نسبة عالية من الولفراميت .

التنجستن في المملكة العربية السعودية

وجد التنجستن كشاذة جيوكيميائية (geochemical anomaly) في كثير من التمدنات المصاحبة للجرانيتات الأحداث في المملكة (post orogenic granite) ، (Sabir and Labbe 1985 و Dodge 1973) وحديثاً تركز الاهتمام حول منطقة بدائع الجمال والتي نعرضها فيها يلي :

١) بدائع الجمال (بدع الجملة) Badayee Al-Jamal

يقع راسب تنجستن بدائع الجمال في الجزء الشمالي الشرقي من الدرع عند تقاطع خط عرض ٢٥°٩ شمالاً وخط طول ٤٢°٤١ شرقاً (شكل ٣٣) . ويوجد التمدن مصاحباً لمحقون صغير من الجرانيت المتخصص الأحداث تعرض لعملية جرزنة (greisenization) وتكون عروق الكوارتز (Cole et al. 1981) . والصخور المضيفة لهذا الجرانيت هي الصخور الفتاتية دقيقة التحبب من مجموعة مردمة ، والتي سبق أن تعرضت للطبي والتشوه والتحول الإقليمي لسحنة الشست الأخضر (شكل ٤٥) . وقد ينتمي هذا الجرانيت إلى صخرة من أجسام الجرانيت الأحداث الموزعة في أنحاء متفرقة من الدرع ، والتي يتميز البعض منها بشراء غير عادي في عناصر الثوريوم واليورانيوم



- دليل الخريطة والمقطع
- | | | |
|----------------------------|-------|-------------------|
| رسوبيات دقيقة التحب متحولة | — | سطح تماس |
| حجر رملي | — | صدع |
| حجر رملي وغرين | ○ | بئر سيرماسي |
| أبليت | -x-x- | نطاق عروق كوارتز |
| جرانيت | ↗ | اتجاه وميل التطبق |
| حدود التحول الى هورنفلز | ••••• | |
| خندق تنقيب | == | |

شكل (٤٥) أ - خريطة جيولوجية مبسطة لموقع تمعدن التنجستن في بدع الجملة .
 ب - مقطع جيولوجي في بدع الجملة ، معدلة من (Lofts 1982) .

والتنجستن والقصدير والروبيديوم والموليبدنم والليثيوم والفلورين (Lofts 1982) .

جيولوجية المنطقة : يوجد جرانيت بدائع الجبال محقونا في تتابع من الصخور الرسوبية الفتاتية البحرية الترسيب رقيقة الطبقات ، والتي يقل حجم حبيباتها في اتجاه أعلى التتابع ، حيث تتراوح من الصخور الرملية إلى الصخور الطينية ، وتتبع مجموعة مردمة . وهذه الصخور الرسوبية بركانية الأصل وتحتوي على طبقات من الحجر الجيري ومن الرصيص الحشن وبعض فيوض الأنديزيت .

ينكشف جرانيت بدائع الجبال متناثراً في مساحة حوالي ٧٠٠ م^٢ ، ويبدو على هيئة جدة متوافقة (sill) يبلغ سمكها ٢٠ - ٣٠ م ، وتميل إلى الشمال الشرقي بزاوية بين ١٠ و ٢٠ تتداخل هذه الجدة في صخور المردمة الطينية التي تحولت جزئياً إلى هورنفلس .

بينت أعمال الحفر بالمنطقة أن الجدة المنكشفة تتصل عن طريق بعض القواطع (dikes) الرأسية ، بجدة متوافقة جرانيتية أخرى أو قلنسوة (cupola) أسفل منها . من الناحية البترولوجية ، يوصف جرانيت بدائع الجبال بأنه ميكروكلين ، ألييت - جرانيت بورفيرى ، حاوي للبيوتيت ، ومعادنه الإضافية تشتمل على الفلوريت ، وقليل من الأباتيت والسفين والزركون والروتيل والزينوئيم والمونازيت (Jackson 1986 b) .

يتحول الجرانيت إلى جريزن في المناطق المصاحبة لعروق الكوارتز والتغير السريسييتي ، أما باقي الجرانيت (غير المتحول إلى جريزن) فتظهر فيه التغيرات السريسييتية فقط . يحل في مناطق الجريزن تجمع دقيق الحبيبات من السريسييت والكاولينيت والإيليت والكوارتز ، محل الفلسبار ، كما يتلاشى البيوتيت تاركاً مكانه لتجمع من المسكوفيت والإلميت والروتيل والكوارتز والفلوريت (Lofts 1982) . يوجد التورمالين والتوباز (وهي المعادن المميزة والمصاحبة لتمعدن القصدير والتنجستن في المناطق الأخرى) على هيئة حبيبات بالغة الصغر أمكن تعريفها فقط بالأشعة السينية .

يتركز التمعدن في عروق الكوارتز المتشعبة والتي تقطع الجرانيت وصخوره المضيفة المتحولة إلى هورنفلس ، وتكون هذه العروق أكثر عدداً وأوسع سمكاً في الجرانيت ، وكثيراً ما تتكون شبكة عريقات من تقاطع العروق أو حشودها . يتراوح

سمك هذه العروق بين ٥ و ٢٥ سم وتتجه عادة في اتجاه ١١٠ - ١١٥ من الشمال وتميل بزاوية حوالي ٧٥ إلى الجنوب، وأحيانا تستمر بعض العروق لمسافة تزيد على ١٠٠ م. بالعروق فجوات وجيوب تدل على أنها ملأت فراغات سابقة، ولا يوجد أي دليل على تكسير هيدرولي مصاحب لتدخل العروق. تتكون هذه العروق من الكوارتز وقليل من الفلسبار القلوي مع وجود أو غياب البلاجيوكليز. وتتكون العروق القاطعة للهورنفلس من الكوارتز والفلسبار والفلوريت، ويحيط بها حواف من المسكوفيت. والمعادن الركازية الموجودة تشمل الولفراميت (wolframite) وقليلاً من الكاسيتريت (cassiterite) والشيليت (scheelite) وبعض الكبريتيدات كما توجد في صخور الجريزن المحيطة بالعروق بعض المعادن الركازية المنشورة ومنها الكاستيريت والأرزينوبيريت والبيروتيت والبيريت والكلكوسيت والكلكوبيرت والبورنيت والسفاليريت والجالينا والموليبدنيت، ونادراً الولفراميت (Lofts 1982).

يمكن التمييز بين جيلين من التمعدن. قام الأقدم منهما بإدخال الكوارتز والفلسبار والولفراميت والفلوريت بدون تغير في الجرانيت، أما الطور الثاني فيتكون من الكوارتز والمسكوفيت والفلوريت والولفراميت والكاسيتريت والكبريتيدات، وكان حدوثه متزامناً مع عملية الجرزنة (تحول الجرانيت إلى جريزن). ويعتقد بأن عروق الرصاص - الزنك - الفضة الموجودة في المنطقة الشرقية من الموقع قد تكون متأصلة (comagmatic) مع العروق الحاملة للتنجستن الموصوفة هنا.

الاحتياطات والرتبة : على أساس من نتائج الحفر بالدق أمكن تحديد احتياطي المنطقة حوالي ٨٠٠,٠٠٠ طن خام يحتوي على ما بين ٠,٠٩٠ و ٠,١١٧ % WO_3 وما بين ٠,٠٠٧ و ٠,٠١٢ % Sn وهذا لا يجعل الراسب اقتصادياً تحت الظروف الراهنة لكن الأمل في إثبات امتداد التمعدن إلى أعماق أبعد (Lofts 1982).

الموليبدنم (Molybdenum (Mo)

اكتشف فلز الموليبدنم في حوالي ١٧٧٠ م ولم يبدأ استخدامه إلا في عشرينيات هذا القرن.

والاستخدام الرئيس للفلز هو في تجهيز سبائك خاصة من الفولاذ تمتاز بالصلابة العالية ومقاومة للتآكل في درجات الحرارة العالية، لذا فاستعماله الرئيس في صناعة

الطائرات والسيارات ومعدات حفر البترول والمضخات والدروع والأسلحة وغيرها .
والموليبدينم فلز رمادي فضي ، كثافته النوعية ٢ ، ١٠ جم / سم^٣ ودرجة انصهاره ٢٦٢٠ م ، قليل التمدد الحراري ومقاوم للأحماض والأكسدة في درجات الحرارة العادية وشديد التوصيل الكهربائي والحراري .

يبلغ الإنتاج العالمي من الموليبدينم حوالي ١٨٠ , ٠٠٠ طن سنوياً (١٩٨٠م) ، تنتج الولايات المتحدة ٦١٪ منها ويأتي الباقي من كندا وشيلي وروسيا وبيرو بصفة رئيسية . ويأتي حوالي ٩٥٪ من هذا الإنتاج العالمي من رواسب الموليبدينم البورفيرى (porphyry (Mo) deposits) أو رواسب النحاس البورفيرى التي يوجد بها الموليبدينيت كمعدن ثانوي (porphyry (Cu - Mo) deposits) .

ويستخلص الفلز بصفة أساسية من المعدن موليبدينيت (MoS_2) (molybdenite) وإن كانت نسبة ضئيلة تأتي من معادن ولفينيت (PbMoO_4) (wulfenite) وفروموليبدينيت (ferromolybdate) ، ويحتوي راسب كليماكس (Climax) بـكلورادو ، وهو أهم رواسبه في العالم ، على نسبة ٦ , ٠ - ٧ , ٠٪ MoS_2 وتبلغ النسبة في رواسب النحاس البورفيرى - حيث ينتج كنتاج ثانوي - حوالي ٣ , ٠ - ٤ , ٠٪ . أما في حالة الرواسب الصغيرة فيجب أن تتراوح النسبة ما بين ١ - ٣٪ MoS_2 .

وهناك عدة أنواع من رواسب الموليبدينيت - أهمها من الناحية الاقتصادية هي :
١ - رواسب الموليبدينم البورفيرى (porphyry (Mo) deposits) مثل كليماكس .
٢ - رواسب التحول الميتاسوماتى فى نطق التماس (contact metasomatic) كما فى باين كريك - كاليفورنيا .
٣ - عروق الكوارتز الحاملة للموليبدينيت (Mo-bearing quartz veins) كويستا - نيومكسيكو .

٤ - قواطع البجماتيت والأبلت (pegmatite & aplite dykes) موست ماين - كوبيك .

٥ - فى الصخور الرسوبية ، مثل رواسب الحجر الرملي من نوع راسب اليورانيوم فى كلورادو مصاحبة لليورانيوم كما فى كلورادو ونيومكسيكو .

الموليبدينم في المملكة العربية السعودية

(١) جبل كرش Jabal Kirsh

اكتشف الموليبدينيت حديثاً في جبل كرش بمنطقة النقرة، خط عرض $23^{\circ} 2' 15''$ شمالاً وخط طول $43^{\circ} 44' 10''$ شرقاً (شكل ٣٣) حيث وجد الموليبدينيت المصاحب للبيريت منشوراً في جدد بريشية قاطعة من الكوارتز والفلسبار البوتاسي، تشغل الشقوق والكسور في محقون جرانيتي أقدم. تأخذ هذه القواطع الحاملة للموليبدينيت إتجاه شمال 160° شرق وشمال 50° شرق. هذا ويجاورها محقون فوق قلوي من الجرانيتات التالية للتجبل (post-orogenic peralkalic granite body), (Jackson 1986 a,b,c).

(٢) عبله Ablah

يوجد الموليبدينيت كمكون ثانوي في أنبوب الفلوريت من تمعدن عبله المعروف في إقليم عسير (شكل ٣٣)، حيث يصاحب الفلوريت وبعض النحاس والرصاص والزنك والفضة والبزموت والقصدير. وحجم الأنبوب صغير (17×22 م) ونسبة التمعدين به ضعيفة، وبالتالي فليست له أهمية اقتصادية في الوقت الحاضر.

(٣) المشاحيد (المشاهيد) Al Mashaheed

تقع على خط عرض $26^{\circ} 43' 22''$ شمالاً وخط طول $42^{\circ} 25' 26''$ شرقاً وعلى بعد ١٤ كم شمال شمال شرق جبل قطن شمال بلدة عقلة الصقور على طريق المدينة - القصيم الرئيس (شكل ٣٣).

تحتوي المنطقة التي مساحتها حوالي 3×5 كم على عدد من مواقع التمعدين القديمة (Smith and Samater 1984).

تتبع صخور المنطقة متكون هدية من مجموعة المردمة، وتشتمل الصخور على الحجر الرملي الجيري الدقيق التحبب والحجر الجيري والغرين والجريواكي الناعم. تتحول هذه الصخور بالقرب من المحقونات إلى هورنفلس وأحياناً تخضع للجرنطة (granitization). تتطبق بعض طفوحات البازلت مع الصخور الرسوبية في المنطقة وكلها متحولة إلى سحنة الشست الأخضر. هناك بعض محقونات الديوريت في المنطقة وهي تعطي أعماراً بين ٦٢٠ - ٦١٥ مليون سنة (Cole and Hedge 1985).

التمعدن : يقطع الصخور الرسوبية والبركانية وكذلك المحقونات المحلية نوعان من التمعدين أولها تمعدن شبكي من الكوارتز موجود في تلة الكوارتز (quartz hill) التي تحتوي على قليل من تمعدن الموليبدنيت، والآخر عبارة عن عروق من كوارتز - ذهب - ستينيت في صدوع تتجه شمال شرق.

يقطع التمعدين الأول (تلة الكوارتز) محقون جرانوديوريت بشكل واسع، وعروق الكوارتز هنا تكون شبكة يتراوح سمك العريقات فيها من ١ مم إلى نصف متر. يوجد تمعدن الموليبدنيت في رقائق معطية الكوارتز لوناً رمادياً مائلاً للزرقة.

أظهر التحليل الكيميائي أن نسبة الموليبدنم في الكوارتز حوالي ١٠٠ جزء في المليون (Smith and Samater 1984)، أما تمعدن الذهب المصاحب للموليبدنم فهو غير منتظم فيعطي نتائج ١ جم / طن وهناك عينتان فقط أعطيتا ١٠ جم / طن، و ٦، ٣ جم / طن. لا يعتبر التمعدين اقتصادياً بوضعه الحاضر بالنسبة لكل من الموليبدنم وكذلك الذهب.

٤) السدارة Sidarah

وجدت بعض عروق الكوارتز الحاملة للموليبدنيت في الجزء الشمالي من محقون السدارة الجرانيتي (خط عرض ٢٤°١٠ شمالاً وخط طول ٣٩°١٢ شرقاً) (شكل ٣٣) إلا أن صغر حجم هذه العروق وانخفاض محتواها من الموليبدنيت يستبعد أن تكون المنطقة ذات أهمية اقتصادية في الوقت الحاضر (Dairi 1987) و (Jackson 1986).

الفاناديوم (Vanadium (V)

الفاناديوم فلز حديث الاستخدام، ضروري للغاية في الصناعات المبتكرة حيث يضاف إلى الحديد لصناعة سبائك الصلب، المطلوبة لصناعة المحاور الدوارة والبستونات والمعدات الأخرى المعرضة للصدمات والإجهاد بصفة مستمرة. أيضاً، تضاف كميات قليلة من الفاناديوم إلى سبائك صلب الكروم، أو الموليبدنم، أو التنجستن، لتسهيل التخلص من الأكسجين والنيروجين، وإكساب السبيكة تجانسا في حجم بلوراتها. وحديثاً فتح المجال لاستخدام الفاناديوم كعامل محفز في الصناعات الكيميائية بدلا من البلاتين. وبالإضافة، تستعمل كميات قليلة من الفلز في المفاعلات النووية، وصناعة الخزف والأصباغ وغيرها.

وإنتاج الفلز قليل في العالم ، وأهم الدول المنتجة هي الاتحاد السوفيتي (٤٠,٠٠٠ طن)، والولايات المتحدة (٣٠,٠٠٠ طن)، ثم جنوب إفريقيا وفنلندا وزيمبابوي .

وأهم المعادن الركازية للفاناديوم هي :

كارنوتيت $(K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O)$ Carnotite,

باترونيت (VS_4) Patronite

فانادينيت $(Pb_5(VO_4)_3Cl)$ vanadinite

ديسكلوزيت $(PbZn(VO_4)(OH))$ descloizite

رسكوليت $(K(V, Al, Mg)_2AlSi_3O_{10}(OH)_2)$ roscoelite

كُلسونيت (FeV_2O_4) coulsonite .

مونتروسيت $((V, Fe)O(OH))$ montroseite .

ورغم وجود العديد من المعادن الحاملة للفاناديوم إلا أن معظم إنتاجه يأتي من رواسب لعناصر أخرى لا تحتوي على معادن خاصة بالفاناديوم .

يتركز الفاناديوم في الرواسب المعدنية الصهارية ، خاصة تلك الحاوية على التيتانيوم ، كما يوجد مصاحبا لليورانيوم في رواسب الحجر الرملي من نوع كولورادو . ويوجد بعض الفاناديوم في الرواسب الحرمائية الحاوية للفضة والرصاص والموليبدنم ، كما يستخلص الفلز من رواسب الفوسفوريت في أيداهو ويوتا بالولايات المتحدة .

الفاناديوم في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الفاناديوم في منطقتين بالمملكة :

- (١) وادي خمال (كمال) - وادي خشيرمة حيث يصاحب الحديد التيتاني في معقد قاعدي فوق قاعدي متطبق (راجع وادي كمال مع رواسب الحديد) .
- (٢) صقرة في النقرة ، إقليم ظلم ، حيث وجد الفلز مصاحبا للسترنشيوم في جسم جوسان ربما يغطي بعض الرواسب الحرمائية .

الكوبلت (Cobalt (Co)

الكوبلت أحد الفلزات النادرة قليلة الاستخدام ، واستعماله الرئيس في تجهيز الكريبدات وأنواع الفولاذ اللازمة لصناعة المغناطيسيات الدائمة (يشكل هذا الغرض

٣٥٪ من استعمالات الفلز) والفولاذ القاطع والسبائك المقاومة للحرارة العالية وتلك المقاومة للتآكل والصدأ. وخاصة احتفاظه بمقاومة الإجهاد حتى في درجات الحرارة العالية تجعله مطلوباً للغاية في صناعة محركات الطائرات. ويستعمل بعض الكوبلت في إضفاء اللون الأزرق الجميل على بعض أنواع الزجاج والبلور والخزف، وكذلك يستعمل كعامل مساعد ومحفز في بعض التفاعلات الكيميائية.

ويصل الإنتاج العالمي من الكوبلت إلى حوالي ٢٠,٠٠٠ طن من الفلز سنوياً يأتي معظمها من زائير وزامبيا والمغرب، وكذلك من كندا وفنلندا حيث يحصل عليه كمنتج جانبي من رواسب النحاس والنيكل والحديد المصاحبة للصخور القاعدية.

وأهم المعادن الركازية الحاملة للكوبلت هي :

كوبلتيت ((cobaltite (CoAsS) والكوبلت بنتلانديت (cobaltpentlandite) $(Co, Ni)_9S_8$ والمعدن الثانوي إريثريت $(Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O)$ erythrite.

الكوبلت في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الكوبلت - على مستوى التحاليل الكيميائية - في منطقة شيلية Shailia في إقليم ظلم بصحبة عروق حرمانية تحتوي على Sb, Au, Zn, Ni, Co. كما يوجد الكوبلت في طين منخفض أطلنطس الموجودة ضمن أجاجيات البحر الأحمر، بصحبة الزنك والنحاس والفضة والذهب والرصاص والكادميوم (راجع الموضوع في رواسب النحاس).

الفصل الرابع

الفلزات ضئيلة المقدار والفلزات المصاحبة

Minor Metals and Related Nonmetals

- التنتالم ■ النيوبيوم ■ التيتانيوم ■ العناصر الأرضية النادرة ■
- اليورانيوم ■ الثوريوم ■ الزركونيوم ■ البريليوم ■ الليثيوم ■
- المغنيسيوم ■ الأنثيمون ■ الزرنيخ ■ البزموت ■ الكاديوم ■ الزئبق

في هذا القسم نتناول عناصر النيوبيوم (Nb) ، التنتالم (Ta) التيتانيوم (Ti) ، العناصر الأرضية النادرة (REE) ، اليورانيوم (U) ، الثوريوم (Th) ، الزركونيوم (Zr) ، المغنيسيوم (Mg) ، البريليوم (Be) ، الأنثيمون (Sb) ، الزرنيخ (As) ، البزموت (Bi) ، الليثيوم (Li) ، الكاديوم (Cd) ، والزئبق (Hg) .

وهذه كلها تستخدم عادة بكميات صغيرة إلا أنها تلعب دورا لا يمكن الاستغناء عنه في الصناعة الحديثة ، ويتزايد الدور هنا مع التقدم التكنولوجي وتوسع المجالات التي تتطلب سبائك ذات مواصفات خاصة ، من الصعب أن نحققها الفلزات الشائعة بمفردها . فلا يمكن مثلا الاستغناء عن الأنثيمون في تجهيز حروف الطباعة ، أو عن الزئبق في الأجهزة الكهربائية ، وهكذا . وهنا نعرض لبعض من هذه وأهميتها بصفة عامة ثم وجودها في المملكة العربية السعودية ، وعلى الرغم من أن الكثير منها لم يكتشف بعد ، إلا أننا نعتقد بأهمية لفت الأنظار إليها والإشارة إلى المناطق التي وجدت بها هذه الفلزات بتركيزات شاذة تتجاوز التركيزات العادية في قشرة الأرض مرات عدة (شكل ٤٦) . فربما أدى تكثيف البحث والاستكشاف فيها إلى العصور على بعض الرواسب ذات القيمة الاقتصادية بها (Drysall et. al. 1984) .

وجدير بالذكر هنا ، أن معظم هذه الفلزات يتم الحصول عليه كنواتج جانبية لعمليات استخلاص واحد أو آخر من الفلزات الأخرى الأكثر شيوعا ، مثل الكاديوم الذي يحصل عليه من معالجة خامات الزنك ، واليورانيوم الذي يمكن استخلاصه من رواسب الفوسفات .

التتالم والنيوبيوم (Tantalum (Ta) and Niobium (Nb)

التتالم والنيوبيوم من الفلزات النادرة التي عرفت واستعملت فقط مع التقدم التكنولوجي المعاصر . وتتزايد أهميتها لاتساع مجالات استعمالها في الأغراض الميتالرجية والصناعات الإلكترونية والنوية ، حتى أن الإنتاج العالمي من الفلزين تضاعف ٧ مرات خلال عقد واحد فيما بين ١٩٦٠ و ١٩٧٠ م .

ومعادن الفلزين متشابكة ، نظرا لأن لهما نفس الأقطار الأيونية ونفس التكافؤ . إلا أنه في بعض أنواع الصخور يسود أحدهما على الآخر ففي صخور الكربوناتيت (carbonatites) ، والنفلين سيانيت (nepheline syenite) ، يسود النيوبيوم على التتالم (٧ : ١ في كثير من الرواسب) . وأهم الصخور الحاوية للنيوبيوم والتتالم هي المركبات السحيقية القلوية ، وما قد يصحبها من صخور الكربوناتيت . ويحصل على بعض الإنتاج للفلزين من رواسب المراق (placer deposits) كما قد توجد بعض التركيزات المهمة في صخور البجماتيت .

وهناك العديد من المعادن التي تحتوي على الفلزين على صورة أكاسيد وأكاسيد مركبة وهيدروكسيدات وأحيانا سليكات وبورات ، ومن أهم معادنها :

● كولبيت - تناليت $((Fe, Mn) (Ta, Nb)_2O_6)$ columbite - tantalite

● يوكزينيت $((Y, Ca, Ce, U, Th) (Nb, Ta, Ti)_2O_6)$ euxenite

● فرجسونيت $(Y NbO_4)$ fergusonite

● لوباريت $((Ce, Na Ca)_2 (Ti, Nb)_2O_6)$ loparite

● ميكروليت $((Na, Ca)_2 Ta_2O_6 (OH, O, F))$ microlite

● بيروكلور $((Na, Ca)_2 Nb_2O_6 (OH, F))$ pyrochlore

يوجد بالبرازيل أكبر احتياطات العالم من النيوبيوم (حوالي ٣٠٠ مليون طن بها ٩,٠٠٠,٠٠٠ طن (Nb_2O_5)) وتأتي بعدها إفريقيا (أوغندا - نيجيريا - كينيا وزائير)

ثم كندا التي قدر ما بها بحوالي ٢ مليون طن (Nb_2O_5) ، في كربوناتيت أوكا (Oka) وسانت هونوري ، وكل هذه الاحتياطيات موجودة في مركبات الصخور السحيقية القلوية والكربوناتيت المصاحبة لها . وأهم رواسب المراقد الحاوية للفلزين هي الموجودة في بيرفالي (Bear Valley) بإيداهو بالولايات المتحدة والتي أنتج منها أكثر من مليون طن من أكاسيد النيوبيوم والتنتالم خلال ٤ سنوات .

النيوبيوم والتنتالم في المملكة العربية السعودية

اكتشفت تركيزات عالية من النيوبيوم و/ أو التنتالم في مواقع عدة بالمملكة خلال السنوات الأخيرة (شكل ٤٦) وأجريت على بعضها أعمال الحفر والتقييم وتقدير الاحتياطيات إلا أن أيًا منها لا يمكن اعتباره اقتصاديا حتى الآن ، وأهم هذه المواقع هي :

١ (القرية (الغرية) Ghurayyah

تقع هذه عند تقاطع خط عرض ٢٥° ٥٥' ٢٧ شمالاً وخط طول ٥٠° ٤٧' ٣٥ شرقاً قريبة من رواسب الحديد بوادي صواوين (شكل ٤٦) .

ويوجد هنا محقون صغير من الجرانيت القلوي الحاوي للريبكييت (riebeckite)

والإيجرين aegirine ، يبلغ قطره حوالي ٩٠٠ متر . محقون في متكون السليسية (حجر رملي ، طفال ، رصيص ، جاسبيليت ، وكلها بركانية رسوبية الأصل) . ولهذا المحقون نشاط إشعاعي ويحتوي على تركيزات شاذة من Sn, Zr, Y, U, Ta, Nb .

تابع شكل ٤٦ - مواقع الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة .

النيوبيوم والتتالم :

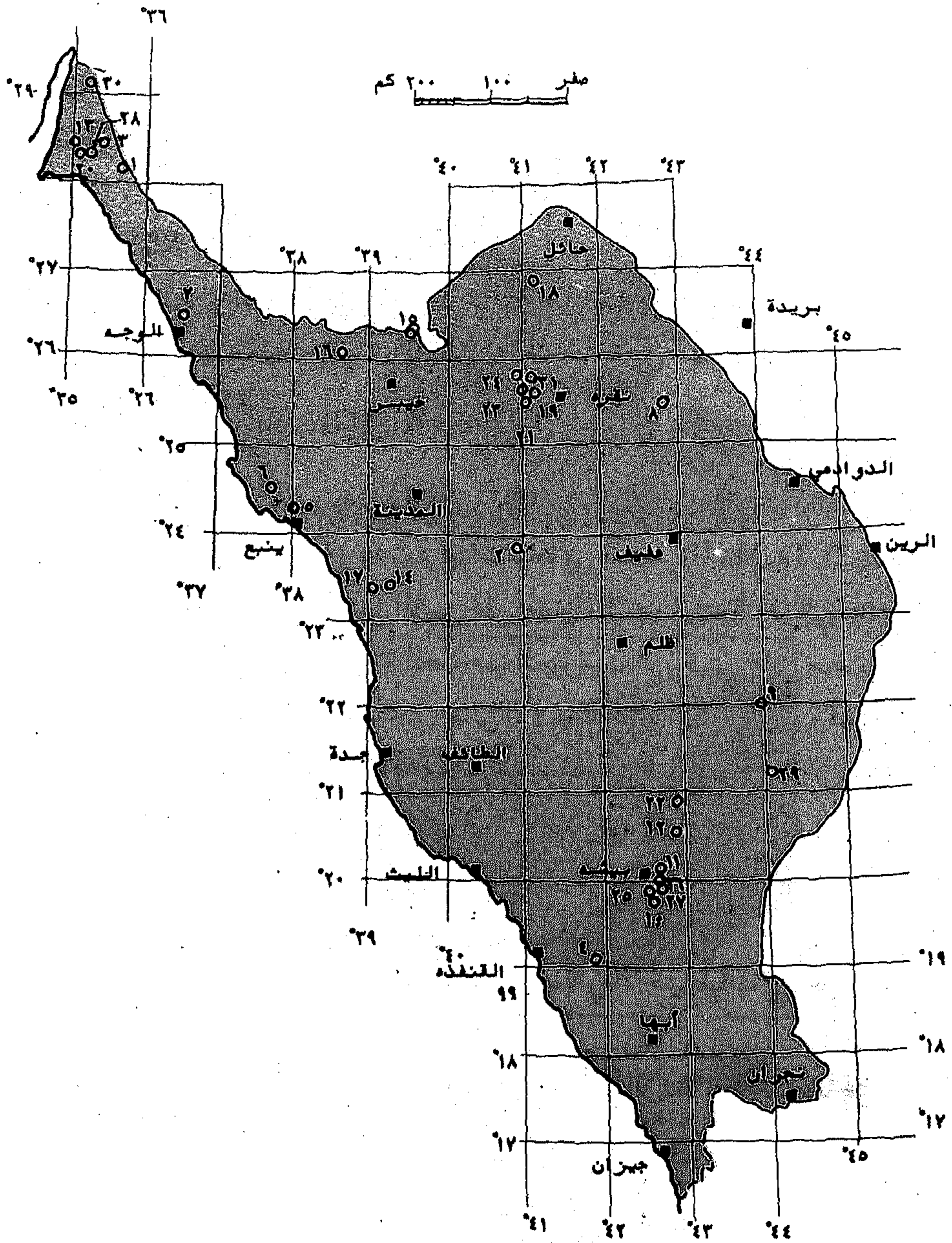
- | | |
|---------------|--------------------|
| ١ - الغرية | اليورانيوم : |
| ٢ - جبل صايد | ١٩ - جبل أبو حيالة |
| ٣ - جبل طاولة | ٢٠ - جبل الزهد |

التيتانيوم :

- | | |
|-------------------------|------------------|
| ٤ - جبل المجاردة (لقطة) | ٢١ - جبل كواره |
| ٥ - وادي خمال | ٢٢ - جبل الطواله |
| ٦ - بئر نبط | ٢٣ - جبل الربد |
| ٧ - وادي حيان | ٢٤ - جبل عوجة |

العناصر الأرضية النادرة :

- | | |
|--------------------|----------------|
| ٨ - جبل الأحمر | البريليوم : |
| ٩ - حقبان | ٢٥ - الدمة |
| ١٠ - لبيت | ٢٦ - بية |
| ١١ - يعلا | ٢٧ - سراه بيشة |
| ١٢ - وقد | ٢٨ - راوة |
| ١٣ - وادي مرشه | ٢٩ - جبل طربان |
| ١٤ - أم البرك | ٣٠ - الرتامة |
| ١٥ - جبل الحمراء | ٣١ - النمّار |
| ١٦ - جبل أبو الدود | |
| ١٧ - جبل اليوب | |
| ١٨ - جبل باغم | |



شكل (٤٦) خريطة توضح مواقع تمعدن الفلزات ضئيلة المقدار واللافلزات المصاحبة في المملكة العربية السعودية .

دلت الدراسات التفصيلية على وجود مجموعة من المعادن الركازية منشورة بتجانس كمعادن إضافية في الجرانيت تشمل الزركون والكولمبيت - تناليت واليورانييت والمونازيت وربما الكاسيتريت. كما دلت التقديرات على وجود ٤٤٠ مليون طن من خام يحتوي على التركيزات الآتية :

٢٣ ، Nb % ، ٧٥ ، Zr % ، ٠٢ ، Sn % ، ١٥ ، U % ، ١٠٥ ، Y % ، و REE % ، ٠٢٥ .

والمشكلة في هذا الراسب المعدني ، هي الصغر المتناهي لحجم حبيبات المعادن الركازية ، مما يصعب عملية فصلها ويقلل من العائد المستخلص منها (Qadi 1990) .

(٢) جبل صايد Jabal Sayid Granite

في نطاق بجماتي مشع مصاحب لطور الجرانيت الريبكي (riebeckite granite) من مركب جبل صايد (شكل ٤٧) وجدت تركيزات شاذة من العناصر (REE, Ti, Ta, Nb, U) ودلت الدراسات ونتائج الحفر اللبي الماسي على احتواء البجماتيت التحوالي (meta-somatic replacement pegmatite) المصاحب للجرانيت الريبكي على مجموعة من المعادن الركازية المنشورة تشتمل على الألائيت (allanite) ، البيروكلور (pyrochlore) والسر توليت (cyrtolite) (وهو نوع مشع من الزركون) ، والزينوتيم ، والمونازيت . وقدرت الاحتياطيات بحوالي ٢ ، ٢ مليون طن تحتوي على :

٢ ، Nb₂O₅ % ، ٠٣ - ٠ ، ٠٥ ، U₃O₈ % ، ٠ ، ٥ - ١ ، Y₂O₅ % ، ٢ - ٢ ، ٥ ، Zr O₂ % .

أما بالنسبة للعناصر الأرضية النادرة فيبلغ إجمالي الاحتياطيات في جبل صايد حوالي ٨١ مليون طن :

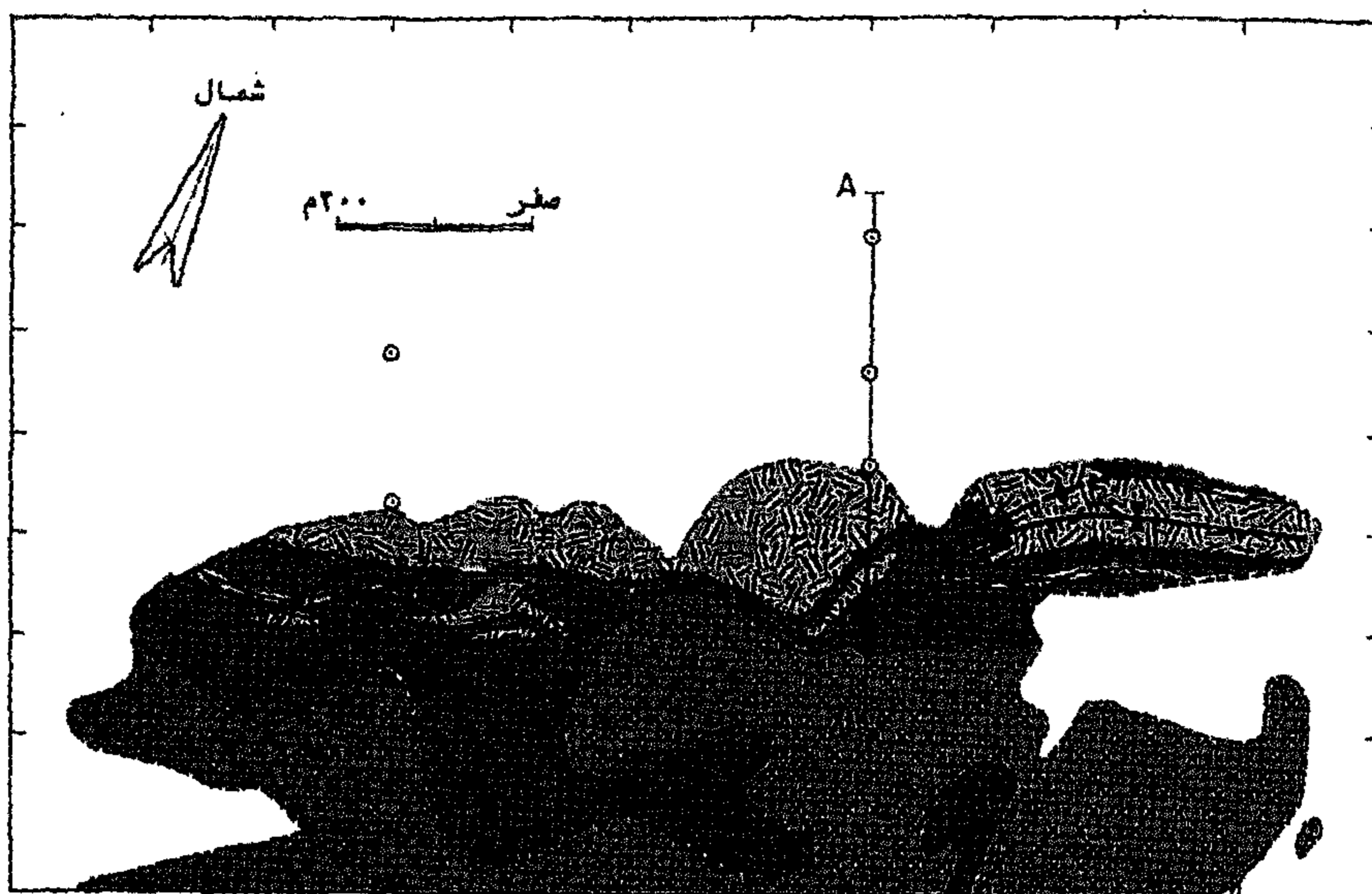
٥٨ مليون طن منها تحتوي على العناصر الأرضية النادرة الآتية مقدرة بالجزء في المليون :

Zr	Y	U	Th	Ta	Sr	Nb	La	Ce
١٨٠٠٠٢	٣٣٢٠	٩٠	٦٣٠	٧٠	١٧٠	١٠٨٠	٤٥٠	١٠٤٠

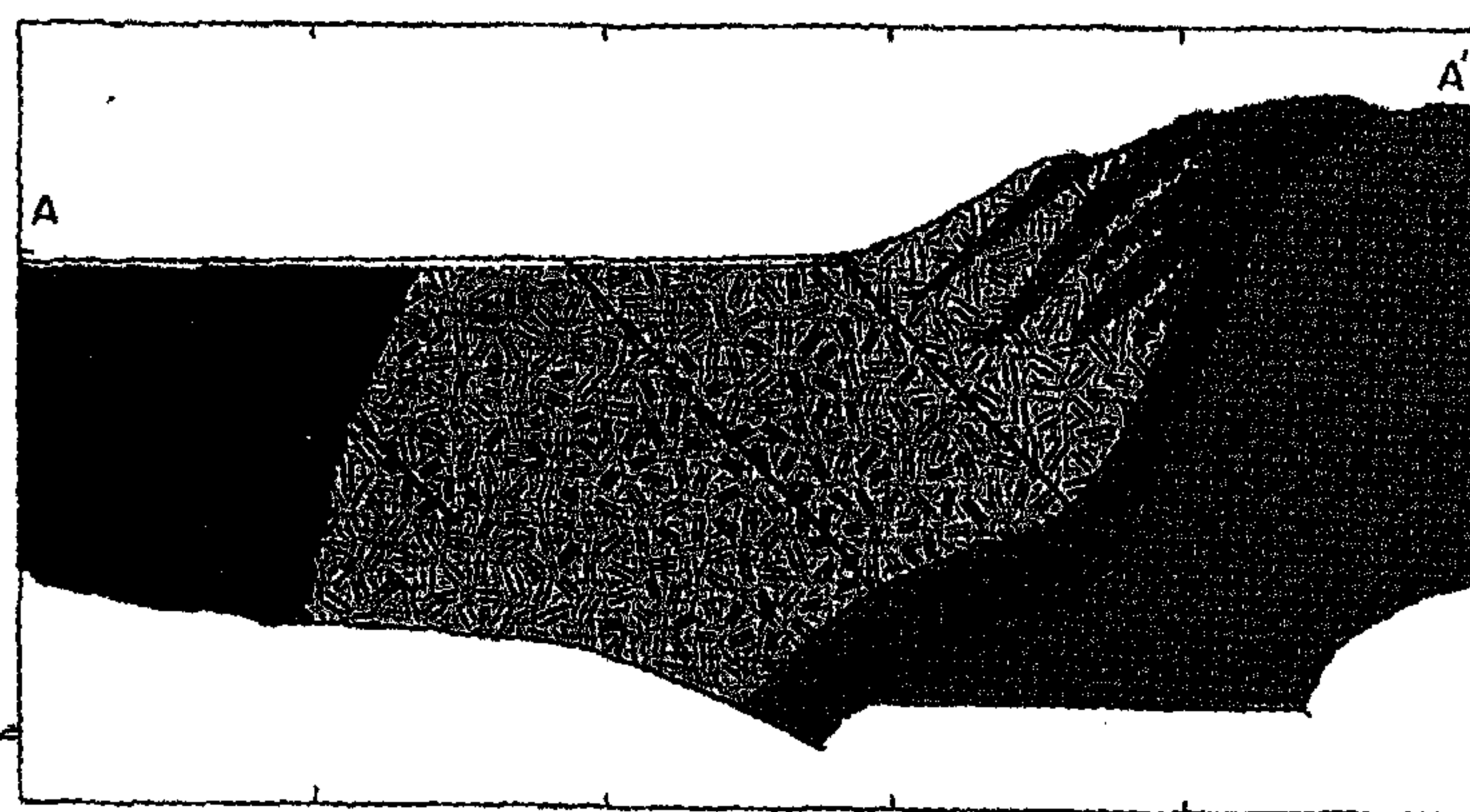
والـ ٢٣ مليون طن العليا تحتوي على :

٧٠٠٠	٤١٥٠	١٣٠	٨٣٠	٨٠	٢٠٠	١٢٩٠	٥٩٠	١٣٠٠
------	------	-----	-----	----	-----	------	-----	------

جزء في المليون



(أ)



(ب)

جراانيت قلوئى	-----	سطح تسماس
جراانيت قلوئى متغير	---	اتجاه ميل التطبيق
مخور بركانية رسوبية	---+	طيه مقسمة
حصى ورمل الغطاء	---+	طيه محدبة
جسم البجماتيت وابليت التمعدين	○	موقع بئر ماسي

شكل (٤٧) أ - خريطة جيولوجية لجسم البجماتيت - ابلت المشع في جبل صايد .
 ب - مقطع جيولوجي عبر ثلاث آبار مائلة في نطاق التمعدين المشع . معدلة من Hacket (1985).

وقد قام هاكيت (Hacket 1985) و ستاتز وبراونفيلد (Staatz and Brownfield 1984) بدراسة معدنية لهذا الخام ووجدوا ان المعادن الرئيسة التي تحتوي على العناصر الأرضية النادرة فيه هي :

باستينيزيت (bastnaesite) ودوفيريت (doverite) مع المونازيت (monazite) وسنشيزيت (synchysite) في حين يوجد النيوبيوم ونسبة كبيرة من السيلينيوم واللائثانوم في معدن البايروكلور (pyrochlore). أما الثوريوم فموجود في معدن الثوريت (thorite) والثوريانيت (thorianite).

٣) جبل طاولة Jabal Tawlah

عند تقاطع خط عرض $20^{\circ} 14' 28''$ شمالاً وخط طول $21^{\circ} 23' 35''$ شرقاً (شكل ٤٦) اكتشفت جدة متوافقة مركبة (composite sill) من الميكروجرانيت محقونة في بركانيات قديمة متحولة. يصاحب هذه الجدة المركبة نشاط إشعاعي ملحوظ وتركيزات شاذة من Zr, Y, REE, Nb. كما صاحبها عمليات تغير شديدة على حد تماسها مع البركانيات، حيث حولتها في نطاق التغير إلى ما يشبه الجرانيت. وقدر ما تحويه المنطقة بحوالي ٤, ٦ مليون طن بها التركيزات الآتية (Drysdall and Douch 1985):

Nb ٠,٣٪ ، Y ٠,٥٪ ، La ٠,٠٠٢٪ ، Ce ٠,٠١٪ ، Ta ٠,٠٢٪ ، Th ٠,٠٧٪ ، Sn ٠,٠٤٪ و U ٠,٠٠٠٨٪.

بالإضافة إلى هذه المناطق السابق عرضها، سجل وجود النيوبيوم والتنتالم في صورة شاذات جيوكيميائية مهمة في كثير من الأماكن الأخرى بالدرع العربي، خاصة بصحبة الجرانيتات القلوية التالية للتجبل. ومن أهم هذه المناطق نذكر:

جبل صبة (Jabal Sabhah)	بالدوادمي Zr, Y, Nb
جبل دحول (Jabal Dahul)	في ظلم W, Mo, Ta, Sn
جبل مشوش (Jabal Mashush)	في ظلم Mo, Ta, Sn
جبل أم سقيان (Jabal Um Suqian)	في عسير Sn, Ta, Nb

التيتانيوم (Ti) Titanium

التيتانيوم فلز شائع في كثير من الصخور النارية، حيث يكون المعدن المنيت،

وروتيل ، معادن إضافية بها . إلا أنه نادراً ما يتركز لدرجة تسمح باستغلاله اقتصادياً ، ومن هنا كانت ندرة رواسبه في الطبيعة . كما أن الفلز شائع كشوائب في المجنيتيت ، لكن ذلك يؤدي إلى عدم مناسبة هذا الأخير كخام للحديد لصعوبة الفصل بين الفلزين .

واستخدامات التيتانيوم حديثة ، إلا أن هناك أملاً في أن يكون فلز المستقبل لتزايد الطلب عليه لتجهيز أشد الدهانات بياضاً واستعماله في صناعة الخزفيات والزجاج والأسنان الصناعية ودباغة الجلود والمنسوجات بالإضافة إلى أهميته المتأخرجة في صناعة سبائك الصلب التي تتحمل السرعات العالية ، كما تصنع منه أقطاب الأقواس الكهربائية . يقاوم التيتانيوم التآكل والصدأ في الماء المالح أفضل كثيراً من الصلب الذي لا يصدأ . وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية المستهلك الأول للفلز حيث تجاوز استهلاكها منه ٧٥,٠٠٠ طن في العام (١٩٨٠ م) .

ينتج الفلز من الروتيل (TiO_2 , rutile) الموجود في رواسب المراقد الشاطئية (beach placers) (الرمال السوداء) والتي تنتج أستراليا حوالي ٨٨٪ من إنتاج العالم منه ، ومن الإلمنيت (FeTiO_3 , ilmenite) الذي تمتلك كندا أكبر احتياطياته ، تليها الولايات المتحدة . وأهم رواسب الإلمنيت هي المصاحبة لصخور الأنورثوزيت (anorthosites) في المحقونات القاعدية وفوق القاعدية كما في آلدريك (كندا) و بوشفيلد (جنوب أفريقيا) . كما يوجد الإلمنيت في صخور الأنورثوزيت المتحولة كما في جبال إلمن (Ilmen) (الأورال) وتاهواواس (ولاية نيويورك) .

التيتانيوم في المملكة العربية السعودية

على الرغم من وجود عدد كبير من المحقونات القاعدية - فوق القاعدية المتطبقة بالمملكة واحتواء عدد منها على صخور الجابرو الحاوية للمجنيتيت التيتاني إلا أنه لم يثبت حتى الآن وجود كميات ذات قيمة اقتصادية أو رتبة مرتفعة في أي منها وأهم مناطق وجود رواسب التيتانيوم بالمملكة هي :

١) المجاردة (لقطة) Al Majarda (Lakathah)

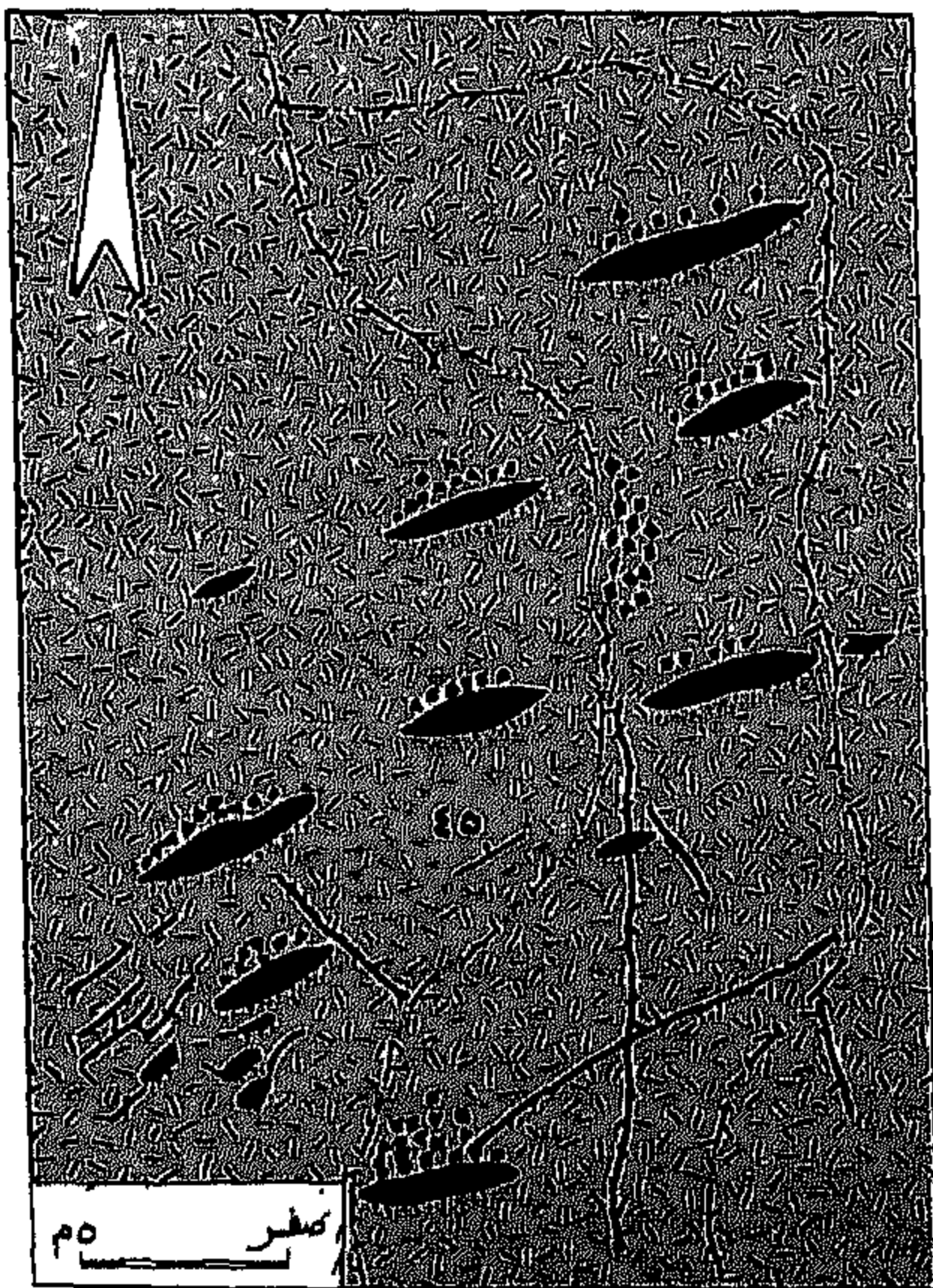
يوجد محقون المجاردة القاعدي - فوق القاعدي المتطبق عند تقاطع خط عرض ٢٨° ١٩' شمالاً وخط طول ٣٠° ٥٦' شرقاً ويحيط به قاطع حلقي من السيانيت



مقياس ٢٠٠٠ ١٥٠٠ ١٠٠٠ ٥٠٠ م

(أ)

دليل الخريطة



(ب)

- سيانيت
- قواطع مافية وفوق مافية
- جابرو - نوربيت
- جابرو متحول
- جابرو أوليفيني
- بايروكسينيت
- عدسات ماجنيتيت (أ)
- عدسة ماجنيتيت (ب)
- صدع
- اتجاه وميل الطبقات
- أودية
- حصى ماجنيتيت (ب)

شكل (٤٨) أ - خريطة جيولوجية لمعقد المجاردة الحلقي .

ب - خريطة مفصلة لمواقع تمعدن الماجنيتيت التيتاني في جبل جمّا في المعقد، معدلة من

. Al - Koulak (1985)

(شكل ٤٧ و ٤٨). وفي لب هذا المحقون يوجد المجنيتيت التيتاني على هيئة عدسات وعروق أو على صورة منشورة في صخور الأنورثوزيت .
قدرت الاحتياطيات بحوالي ١٧٥ مليون طن إلى عمق ١٠٠ م تحتوي على ٢, ٦٪ TiO_2 ومن الواضح أن هذه الرتبة منخفضة لدرجة لا تشجع على استئناف الاستكشاف في هذا المحقون (Al-Koulak 1985 و Martin *et al.* 1979 و Bayly 1972).

٢ (وادي خمال (كمال) Wadi Khumal

في منطقة وادي كمال (خمال) حول تقاطع خط عرض ٢٤°٢٤' شمالاً وخط طول ٣٧°٥٠' شرقاً (شكل ٣٦) يوجد محقون متطبق كبير قاعدي وفوق قاعدي يتداخل في صخور مجموعة فارغ، ويحتوي على نوعين من التمعدين: Cu - Ni ويصاحب الصخور القاعدية مبكرة التكوين و Ti - Fe مصاحباً الأطوار الأكثر تفاعلاً والمتأخرة التكوين في المحقون. يوجد صحبة الإلميت - مجنيتيت - تيتانومجنيتيت على هيئة منشورة أو شبه كتلية (submassive) في وحدات من الجابرو دقيق التحبب داخل جسم من الأنورثوزيت والاحتياطيات قليلة والرتبة منخفضة (Chevremont 1982 ، Chevremont and Johan 1981 ، Alabouvette and Pellaton 1975).

٣ (بير نبط Bir Nabt

يقع محقون نبط على خط عرض ٢٤°٢١' شمالاً وخط طول ٣٧°٤٨' شرقاً (أي يمكن اعتباره جزءاً من محقون وادي خمال). وهنا يوجد الإلميت منشوراً في قواطع من البيروكسينيت والأمفيبول جابرو التي تقطع المحقون المتطبق. ورتبة الخام منخفضة وكمياته محدودة (Pellaton 1975 ، Chevremont and Johan 1981).

٤ (وادي حيان Wadi Hayyan

توجد بعض عدسات المجنيتيت التيتاني في معقد قاعدي - فوق قاعدي متطبق بوادي حيان - وادي قبب، والعدسات ممتدة متوافقة مع تطبق المحقون (شكل ٣٥)، وتحتوي على ٣٪ إلى ٦٪ تيتانيوم ومن ٢٥ إلى ٣٤٪ حديد، وهي نسبة منخفضة بالنسبة للتيتانيوم بالإضافة إلى قلة حجم الاحتياطيات (Igarashi 1970) (راجع وادي حيان في رواسب الحديد في هذا الكتاب لتفصيلات أكثر).

العناصر الأرضية النادرة (REE) Rare Earth Elements

تضم هذه المجموعة ١٧ عنصراً فلزياً تتشابه لدرجة كبيرة في خواصها الكيميائية، وهي ليست أرضية وكثير منها ليس نادراً ومع ذلك جمعت كلها في هذه المجموعة الواحدة.

وتوجد هذه العناصر عادة متصاحبة في مجموعات تضم المجموعة منها من ٤ إلى ٨ عناصر في المعدن الواحد، وتصاحب معادنها صخور الكربونات بصفة خاصة وأحياناً الجرانيتات القلوية، خاصة تلك التي تعرضت لعمليات إثراء تحوالياً (metasomatic enrichment) بفعل المتطائرات الغنية بالفلورين وثاني أكسيد الكربون.

وأهم مصادر هذه العناصر المعروفة حالياً هو كربونات مونتين باس (Mountain pass) في كاليفورنيا، وأهم المعادن الموجودة به هو معدن الباستنيسيت (bastnaesite) وتركيبه $RF CO_3$ حيث تمثل R عدداً من عناصر المجموعة، أساساً السيريوم (cerium (Ce)، لانتانم (lanthanum (La)، نيوديميوم (neodymium (Nd)، برازيديميوم (praseodymium (Pr) وكميات أقل من السماريوم (samarium (Sm)، جادولينيوم (gadolinium (Gd)، ويوروبيوم (europium (Eu) ويزيد حجم الجزء الحاوي للعناصر الأرضية النادرة في كربونات مونتين باس عن ٦٠٠ م طولا و ١٢٠ م عرضاً و ١٠٠ م عمقا، ويحتوي الطن من الخام على حوالي ٦٠ كيلو جرام من الفلزات الأرضية النادرة، نصفها من السيريوم (cerium). ولهذه العناصر أهمية فائقة في الصناعات الحديثة والمتخصصة (علوم الفضاء والحاسبات الآلية والمفاعلات النووية) ويزداد احتياج العالم لها والطلب عليها مع تقدم العلوم والتكنولوجيا.

العناصر الأرضية النادرة في المملكة العربية السعودية

لم تكتشف أي محقونات من الكربونات في المملكة حتى الآن، وهي تمثل أفضل الصخور لاحتواء هذه العناصر، فيظل وجودها قاصراً على أطوار معينة من محقونات الجرانيت القلوي (Ramsay *et al.* 1986 و Ramsay 1986 و Jackson 1986 و Jackson and Douch 1985 و Kellog and Smith 1986 و Ramsay 1982). وقد سجل وجودها بكميات شاذة جيوكيميائياً في كثير من هذه المحقونات وأهمها

(شكل ٤٦).

● محقون الغرية AlGhurayyah

● محقون جبل صايد Jabal Sayid

● محقون جبل طاولة Jabal Tawlah

وهذه المناطق الثلاث سبق وصفها عند تناول النيوبيوم والتتالم ، وبالإضافة سجلت أيضا العناصر الأرضية النادرة في المناطق التالية :

● منطقة ظلم

- جبل الأحمر (Jabal Al Ahmar) : F, Y, La, Nb

- جرانيت حقبان (Huqban) : W, U, Th, Ta, Sn, Nb, Ce

- جبل أبو جبجق (Abu Gobbaq) : Y

● منطقة عسير

- جرانيت لبيت (Libt) : Ta, Sn, Nb, Mo, Li, F, Ce

- جرانيت جبل يعلا (Yaala) : Th, Ta, Sn, Nb, Li, F, Ce

- قواطع وقد (Waqad) : Ta, Nb, Mo, Li, La, F, Ce

● منطقة مدين

- وادي مرشة (Marshah) : Li, Mo, W, Sn, Zn, Zr, La

● منطقة المدينة

- أم البرك (Um Al Birak) : Sn, Th, Ce, La, Y, Zr, Nb

- جبل الحمراء (Al Hamra) : Sn, Zr, Nb, Y, Ce, La

- جبل أبو الدود (Abu Ad Dud) : Ta, Sn, Th, Nb, La, Ce

- جبل اليوب (Al Yoob) : Zr, Th, Y, Sn, La, Ce

● منطقة حائل

- جبل باغم (Bagham) : REE

- نقبين (Naqbein) : REE, Nb, Th

- قفار (Qufar) : REE, Nb, Th

اليورانيوم (U) Uranium

اليورانيوم فلز أبيض ثقيل يتكون من ثلاثة نظائر مشعة هي ^{235}U ويكون نسبة

٠,٠٠٥٪ من اليورانيوم الطبيعي، ^{234}U ويكون نسبة ٧,٠٪ و ^{238}U ويكون ٩٩,٣٪.

تنشط ذرة اليورانيوم ^{235}U مطلقة كمية هائلة من الطاقة، أما اليورانيوم ^{238}U فغير قابل للانشطار بسهولة ولكن يمكن إخصابه بتعريضه لتيار متسارع من النيوترونات فيتحول إلى بلوتونيوم ٢٣٩ والذي ينشط معطيا الطاقة مثله مثل ^{235}U .

لذا يستخدم اليورانيوم حاليا كمصدر لكميات هائلة من الطاقة في المفاعلات النووية للأغراض السلمية، وفي القنابل النووية للأغراض العسكرية، كما يستخدم حاليا في المدمرات والغواصات وغيرها. إلا أن استعمال اليورانيوم في هذه الأغراض له تأثير مدمر على البيئة حيث يسبب تلوثا إشعاعيا مالم تتخذ الاحتياطات الواجبة. والتخلص من النفايات الذرية للمفاعلات النووية من أهم المشكلات المعاصرة وتشكل العقبة الرئيسة أمام التوسع في استخدام اليورانيوم في هذه الأغراض.

يوجد اليورانيوم أساسا في الصخور الفلسية حيث يكون معادنه الخاصة مثل يوارنينيت (UO_2) (uraninite)، في قواطع البجماتيت، أو يكون بعض المعادن الإضافية المنتشرة في الصخر. وعند تعرض الجرانيت لعوامل التعرية يتأكسد اليورانيوم ويتحول من حالة U^{+4} الصلبة إلى الحالة U^{+6} القابلة للذوبان في الماء، وينتقل مع الماء حتى يصادف بيئة مختزلة - طبقات حاوية للمواد العضوية في تتابع من الصخور الرملية، كما في حالة هضبة كلورادو - يختزل اليورانيوم مرة أخرى ويعود إلى حالة U^{+4} ليرسب على هيئة لفافات (rolls) داخل الطبقات. وأحيانا تتفكك حبيبات اليورانيونيت وتنقل مع الماء الجاري لترسب مع طبقات الرصيص على هيئة رواسب مراقد (placer deposits) مع بعض الذهب، كما في راسب وتواترزراند (Witwatersrand) في جنوب أفريقيا.

توجد بعض رواسب اليورانيوم على هيئة عروق أو قواطع، كما توجد تركيزات من اليورانيوم في صخور الفوسفوريت حيث يحل الفلز محل بعض الكالسيوم في معدن الكلوراباتيت ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$) (chlorapatite).

اليورانيوم في المملكة العربية السعودية

سجلت الكثير من الشاذات الإشعاعية في المملكة، يصاحب معظمها محقونات الجرانيت الأحداث التالي للتجبل، خاصة أطواره المتمعدنة والحاوية للعناصر الأرضية

النادرة والنيوبيوم والتنتالم والقصدير وغيرها . وأهم المناطق التي سجل بها وجود عنصر اليورانيوم بكميات أكبر كثيراً من خلفيته الجيوكيميائية هي المناطق الآتية (شكل ٤٦):

● الغرية (Al-Ghurayyah)

● جبل صايد (Jabal Sayid)

● جبل طاولة (Jabal Tawlah)

وهذه المناطق الثلاث سبق الكلام عنها عند دراسة النيوبيوم والتنتالم ، وبالإضافة إليها سُجل وجود اليورانيوم في المناطق الآتية :

● جبل نطاق ((Jabal Netag (Hentag) : U, Th

● جبل أبو حيالة (Abu Hayyalah) : Th, U

● والمنطقتين قريبتين من النقرة في إقليم ظلم

● جبل الزهد - شمال إقليم مدين . (Al-Fotawi 1989 و Ramsay 1986 و

Jackson 1986b و Delfour 1975) .

ومما هو جدير بالذكر هنا ، أن رواسب الفوسفوريت المكتشفة في مناطق سرحان وطريف ، تحتوي على آثار من اليورانيوم قد يمكن استخلاصها منها إذا ما تقرر تصنيع هذه الرواسب واستغلالها في تجهيز حمض الفوسفوريك والأسمدة الفوسفورية .

الثوريوم (Th) Thorium

الثوريوم أحد الفلزات الثقيلة ، إذ يبلغ وزنه الذري ٢٣٢ وبعض نظائره غير ثابتة ، إذ يحدث بها اضمحلال نووي حتى تنتهي إلى رصاص ٢٠٨ .

ويستعمل الثوريوم في صناعة فتائل الإضاءة في مصابيح الغاز والكروسين ، كما يضاف الفلز إلى المغنيسيوم لإضفاء بعض الصلابة عليه وإنتاج سبائك صلبة تحتوي على ٢ إلى ٣٪ ثوريوم . كما أن إضافة القليل من أكسيد الثوريوم إلى فلزات أخرى مثل النيكل والتنجستن يزيد من قوتها ومقاومتها للتآكل .

وفي مجال الطاقة النووية ، يُضرب الثوريوم - ٢٣٢ بالنيوترونات البطيئة في المفاعلات النووية ليتحول إلى الثوريوم - ٢٣٣ القابل للانشطار والمناسب للاستخدام في المولدات النووية ، وهناك فعلا بعض المفاعلات التي تستخدم هذه الطريقة كمولد بلا تفيل (Platteville) في كولورادو بالولايات المتحدة . وحتى يكون الثوريوم صالحا

لهذا الغرض لابد أن يكون الثوريوم (أو أكسيده الثوريا) نقياً بدرجة ٩٩,٩٪ على الأقل، وأن يحتوي على أقل من ١ جزء في المليون من أي من العناصر كاديوم، ديسبروسيوم، يوروبيوم، جادولينيوم، وسماريوم وذلك لقدرة هذه العناصر على امتصاص النيوترونات التي يضرب بها الثوريوم، وبالتالي منع تحول النظير ٢٣٢ إلى النظير ٢٣٣.

وأهم مصادر الثوريوم هي المعدن ثوريت (ThO_2) والذي يوجد إما في عروق حرماية أو منشوراً في بعض المحقونات القلوية كما في إيرن هيل - كولورادو، إلا أن أهم مصادره هي معادن المونازيت والبرانيريت الموجودة في رواسب المراقد (placers) الحصوية الميكانيكية كما في إستراليا والهند والبرازيل وماليزيا والاتحاد السوفيتي.

ومن المتوقع أن يصل الاحتياج العالمي إلى حوالي ٧٧٠ طن من الثوريوم في العام ٢٠٠٠، ما لم يتم التوسع في استخدامه في توليد الطاقة النووية، يخصص منها أقل من ٣٠٠ طن لصناعة الفتائل وسبائك المغنيسيوم.

الثوريوم في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الثوريوم كشاذة جيوكيميائية في عدد من المناطق أهمها (شكل ٤٦):

- جبل كواره، جبل الطوالة، جبل أبو حيلة، جبل الربد في منطقة النقرة بإقليم ظلم حيث يصاحب وجود معدن الزركون.
 - بجمايت جبل صايد المشع بصحبة يورانيوم ونيوبيوم وتنتالم.
 - جبل عوجة بمنطقة الحليفة بإقليم ظلم حيث يصاحب معدن الزركون.
 - منطقة النقبين والكفار في حائل، مع نيوبيوم وعناصر أرضية نادرة.
- (Ramsay 1986 و Jackson 1986 و Drysdall and Douch 1985 و Delfour 1975)

الزركونيوم (Zr) Zirconium

عرف معدن الزركون واستعمل كحجر شبه كريم منذ القدم، وحديثاً جداً أثبت الفلز زركونيوم حضوره في مجالات الصناعة خاصة في المفاعلات النووية والصناعات الكيميائية المتقدمة.

وأكسيد الزركونيوم (زركونيا)، واحد من أفضل المواد مقاومة للحرارة، لذا يستعمل في صناعة الجففات وأجهزة المعامل وتبطين الأفران، كما يستعمل في مجالات عديدة مختلفة: كمادة عازلة للكهرباء والحرارة، فتائل الإنارة بالغاز، مادة صاقلة، صناعة الأحبار البيضاء ودهانات السيارات. ويستعمل الفلز في المعدات الإلكترونية والمكثفات الكهربائية ومرشحات الأشعة السينية، وكذلك يدخل مع الحديد في صناعة السبائك اللازمة للدروع والقذائف، ومع النيكل في صناعة آلات القطع الحادة، ومع النحاس لإعطائه مقاومة للحرارة والإجهاد.

والمعادن الاقتصادية للزركونوم هي الزركون ($ZrSiO_4$ (zircon) والباديلييت (ZrO_2 (baddeleyite). والزركون معدن إضافي شائع في الكثير من الصخور النارية، ويتركز بسهولة في رواسب المراقد بعد تفكك الصخر الحاوي له، ويحصل على احتياج العالم منه (أكثر قليلاً من مليون طن) من هذا المصدر. أما الباديلييت فمعروف فقط في رواسب المراقد الشاطئية للبرازيل. وأهم الدول المنتجة للزركونيوم إستراليا، وتأتي كميات قليلة نسبياً من الزركون من البرازيل وتايلاند والولايات المتحدة.

الزركونيوم في المملكة العربية السعودية

يوجد المعدن زركون في كثير من الصخور النارية بتركيزات قليلة، إلا أنه في بعض حالات الجرانيتات المتعمدة (خاصة بالفلزات صخرية الميل (lithophile) يوجد الزركون بنسب معقولة وأهم المناطق التي وجد بها الزركون هي (شكل ٤٦):

● جبل صايد ومحقون الغرية وقد سبق الحديث عنهما .

● جبل عوجه بمنطقة النقرة، إقليم ظلم : Th, Zr

● جبل كواره بمنطقة ظلم : Th, Zr

● جبل الطوال بمنطقة النقرة، إقليم ظلم : Th, Zr

● جبل الربد بمنطقة ظلم : Th, Zr

● جبل الردادي بمنطقة ظلم : Ba, Zr

● أم البرك بمنطقة المدينة : Sn, Th, Ce, La, Y, Zr, Nb

● المسایل بمنطقة مدين : Li, Zr, F, Be, B, Cu, Mo

(Ramsay *et al.* 1986 و Ramsay 1986 و Jackson 1986b و Drysdall

and Douch 1985 و Delfour 1967).

البريليوم (Be) Beryllium

فلز خفيف (٨٥, ١ جرام / سم^٣)، يعطي شدة ومقاومة للإجهاد للنحاس أو الكوبلت أو النيكل أو الألومنيوم، لذا يدخل معها في تجهيز السبائك المقاومة للإجهاد لصناعة الياف وغيرها من الأجزاء المعرضة لإجهاد شديد، مثل الصمامات وكربوريتور الطائرات. والبريليوم فلز مهم جداً في المعدات المقاومة للحرارة في سفن الفضاء وصناعة المفاعلات النووية، لقدرته الفائقة على امتصاص الحرارة مع عدم توصيلها.

يُحصل على الفلز من معدن البريل ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ beryl) بصفة أساسية، ويستخرج هذا المعدن من عروق البجماتيت، أو كمعدن غث مصاحب لخامات التنجستن والقصدير. يصل الإنتاج العالمي إلى حوالي ١٠٠٠ طن من الفلز الذي يستخلص من البريل بصعوبة، وذلك بالتحليل الكهربائي للمعدن المصهور في حمام من الفلوريد المحتوي على بعض الصوديوم والباريوم.

وفي الولايات المتحدة، ونظراً لقلّة الموجود من معدن البريل يحصل على البريليوم من طف رايوليتي حاوي للتوباز ومنثور فيه المعادن برترانديت (bertrandite) $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$ وفيناكيت (Be_2SiO_4 phenakite) ويشكل هذا أكبر مصدر للبريليوم في العالم الغربي ويصل محتواه إلى حوالي ٥, ٠ % BeO . ونظراً لشدة الحاجة إلى اكتشاف مصادر جديدة للبريل تم تصنيع جهاز حقلي للكشف عن الفلز يعتمد على التنشيط النووي ويعرف باسم البريللومتر.

البريليوم في المملكة العربية السعودية

لم تعرف رواسب حاوية لتمعدن البريل، إلا أن العنصر بريليوم قد وجد كشاذة كيميائية مصاحبة للجرانيتات الأحدث المتمعدنة بالقصدير والنيوبيوم والفلور ومصاحباتها. وأهم هذه المواقع هي (شكل ٤٦) :-

● منطقة الدمة (Dummah) في عسير : Sn, Nb, Mo, Li, F, Be

● منطقة بية (Biya) في عسير : Ta, Nb, Mo, Li, F, Be

● بيركراث (Karath well) في عسير : Nb, Ta, Be

● جرانيت سراة بيشة في عسير : Y, U, Ta, Nb, Li, F, Be

- مسایل (مسيل) (Msayl) في مدين : Zr, Li, F, B, Cu, Be, Mo,
 - جرانيت رواة (Rawa granite) في مدين : W, Y, F, Be, Zn,
 - جبل طربان (J. Tarban) خمرة - ظلم : Be, Mo, W, Sn,
 - جبل أبو خرق (Abu Khurg) الدوادمي : Be,
- وفيما يلي وصف موجز لأحد هذه المواقع :

جبل طربان Jabal Tarban

يحيط منكشف من البجماتيت الحامل لمعدن البريل بجسم جرانيتي دقيق الحبيبات (شكل ٤٩)، يبلغ سمك عرق البجماتيت ما بين ٢ - ٣ م ويظهر أنه معتل جسم الجرانيت على سطح توافق. يتكون البجماتيت من الكوارتز وقليل من الفلسبار والبيوتيت والجارنت وميكا حاملة لمعدن الفاناديوم (roscoelite)، بالإضافة إلى بلورات البريل التي يتراوح طولها ما بين ٢-٤ سم. وهناك بعض البلورات يصل طولها إلى ١٥ سم. يكون البريل حوالي ٣٪ من البجماتيت ولكن رتبة التمدن منخفضة. البلورات مشققة ومتغيرة ولا يمكن اعتبار هذا الموقع اقتصادياً وذلك لاستحالة استخدام البريل هنا في صناعة الأحجار الكريمة (Jackson 1986 a).

الليثيوم (Li) Lithium

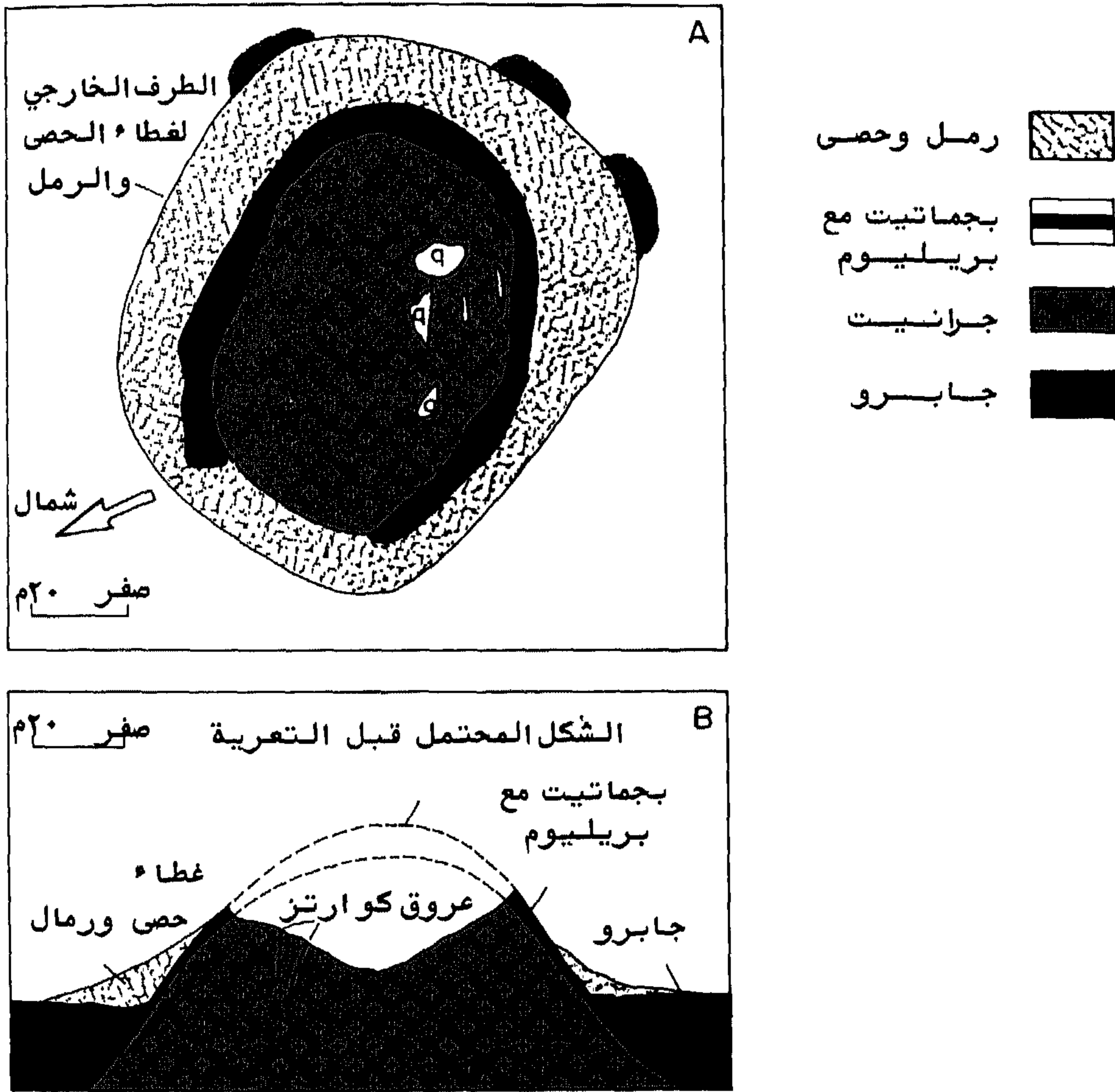
هنالك عدد محدود من أنواع الرواسب المحتوية على فلز الليثيوم، أهمها بجماتيت السبوديومين (spodumene pegmatite) الحاوي لمعدن سبوديومين ($\text{Li Al Si}_2\text{O}_6$)، بالإضافة إلى رواسب الجريزن الحاوية لمعدن لبيدوليت ($\text{lepidolite K (Li, Al)}_3(\text{Si, Al)}_4\text{O}_{10}(\text{F, OH})_2$) والعروق الحرمائية وبعض الأملاح التبخرية (evaporites). وحديثاً أخذت المصادر التبخرية المقام الأول في سوق الإمداد بالفلز حيث يحتوي الأجاج في سولت ليك (Salt Lake)، يوتاه بالولايات المتحدة، على ما بين ٣٤ إلى ٥٨ جزءاً في المليون من الفلز وأجاج سيريل ليك (كاليفورنيا) على ٠,٠١٥ ٪ Li_2O .

ويتزايد الاحتياج للفلز الذي يدخل في صناعات الخزف والصيني والزجاج، لكن أهم استخداماته هي في صناعة بطاريات الليثيوم، وتصل احتياطات العالم من الفلز، والتي يوجد معظمها في الولايات المتحدة، إلى حوالي ٠,٠٠٠,٢٠٠ طن أو

ما يزيد عن استهلاك العالم السنوي بمائتي مرة تقريبا .

الليثيوم في المملكة العربية السعودية

سجل وجود الليثيوم فقط كشاذة جيوكيميائية في الجرانيتات التالية للتجبل المتحولة إلى جريزن والحاملة لتمعدنات القصدير والتنجستن والنيوبيوم وغيرها (نفس مراجع العناصر الأرضية النادرة) ، وأهم المناطق التي سجل بها تركيز من الفلز هي (شكل ٤٦):



شكل (٤٩) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن البريليوم في جبل طربان .

ب - قطاع جيولوجي في جبل طربان . معدلة من (Jackson 1986 a) .

جرانيت سراة بيشة - عسير : Y, U, Sn, Nb, Li, F, Be

مسيل (مسائل) - مدين : Zr, F, Li, B, Be, Cu, Mo

جرانيت الرتامة - مدين : Be, F, Li, Y, Nb, Ta, Sn

بجماتيت عثيران - خمرة ، ظلم : Th, U, Ta, Sn, Li, Mo

قواطع حقبان - خمرة ، ظلم : W, U, Th, Ta, Sn, Nb, Li

وقد يكون من المهم الكشف عن وجود الفلز في الآبار المحفورة في تبخيرات البحر الأحمر (جزيرة فرسان وغيرها) بحثاً عن أملاح البوتاسيوم.

المغنيسيوم (Mg) Magnesium

المغنيسيوم أخف الفلزات المعروفة حيث تبلغ كثافته ١,٧٤ جرام/سم^٣، ويسبب هذه الخاصية بالإضافة إلى قوة تحمله وصلابته يتزايد الطلب عليه لتجهيز السبائك اللازمة في صناعة الطائرات والسيارات وغيرها من الأغراض التي تتطلب خفة في الوزن. وسبائك المغنيسيوم تقاوم التآكل في الهواء لكن لا تقاوم في الماء الملح، وأهم سبائكه وهي مع الألومنيوم، تستعمل في صناعة أجسام الميكروسكوبات والكاميرات والأطراف الصناعية والآلات الموسيقية وغيرها. ولأن المغنيسيوم يشتعل في درجة حرارة منخفضة ويعطي ضوءاً شديداً عند اشتعاله يستعمل في مصابيح التصوير الليلي والألعاب النارية وطلقات الإشارة، كما يستعمل الفلز في القنابل الحارقة التي تعبأ بحوالي ٩٣٪ مغنيسيوم و ٧٪ ألومنيوم.

يبلغ الإنتاج العالمي من المغنيسيوم حوالي ١٥٠,٠٠٠ طن يأتي حوالي ٥٠٪ من الولايات المتحدة، ويحضر الفلز من الأجاج الطبيعي (natural brine)، أو ماء البحر أو من معادن المجنيزيت magnesite ($MgCO_3$) أو الدولوميت ($MgCa(CO_3)_2$) dolomite، أو البروسيت ($Mg(OH)_2$) brucite، والمصدر الرئيس حالياً هو تبخر الأجاج الطبيعي أو ماء البحر في ملاحات شمسية هائلة الاتساع حيث يترسب كلوريد المغنيسيوم $MgCl_2$ قرب مرحلة الجفاف النهائي للماء ثم يحصل على الفلز بالتحليل الكهربائي للكلوريد. وهناك من ينتج الفلز من المجنيزيت كما في مصنع المغنيسيوم في هندرسون (نيفادا) وهو أكبر منتج له في العالم ويستخرج الفلز من المجنيزيت - دولوميت الذي يحتوي على ٥٪ أو أقل من CaO .

المغنيسيوم في المملكة العربية السعودية

عرفت رواسب المجنيزيت في موقعين أساسيين بالمملكة هما : جبل الرخام (خط عرض ٢٣°٥٠ شمالاً وخط طول ١٩°٤١ شرقاً) ومنطقة ظرغط (خط عرض ٢٦°٣١ شمالاً وخط طول ٣٥°٤٠ شرقاً) وقد عرضت المنطقتان بشيء من التفصيل في الحديث عن مواد البناء والتشييد في الباب الثاني من هذا الكتاب .

الأنثيمون (Sb) Antimony

الأنثيمون عنصر مهم للصناعة وللصناعات الحربية على وجه الخصوص ، فخاصية تمدده - بدلا من انكماشه - عندما يبرد من حالة الانصهار تجعله أفضل العناصر في تجهيز حروف الطباعة التي لا يتغير شكلها عندما تصب في القوالب . وأهم استخداماته هي إعطاء الصلابة لكثير من سبائك الرصاص المستعملة في ألواح البطاريات السائلة والأنابيب وفي تغطية الكوابل الكهربائية وأنابيب المعاجين والمقذوفات النارية وغيرها .

وتبلغ احتياطات العالم من الأنثيمون حوالي ٥ مليون طن ، يوجد معظمها (٧٠٪) في الصين ، ثم في بوليفيا وروسيا وجنوب إفريقيا والمكسيك .

وهناك العديد من معادن الأنثيمون أهمها الأستينيت Sb_2S_3 (stibnite) وهو المصدر الرئيس للفلز ، ثم العنصر الطليق Sb (native antimony) ونواتج التأكسد سيرفانتيت Sb_2O_4 (cervantite) ، ويتراوح محتوى الخامات ، بين ٣ و ٨٪ من العنصر .

ومعظم رواسب الأنثيمون من النوع الحرماي ضحلة العمق (shallow hydrothermal) موجودة على هيئة حشو في الشروخ والفواصل والكسور ، كما يوجد الأنثيمون في رواسب بعض الينابيع الحارة ، وكثيراً ما يصاحب الأستينيت معدن السنابار (HgS) .

الأنثيمون في المملكة العربية السعودية

وجد الأنثيمون مصاحباً لعروق فلزات القاعدة (base metal veins) في كثير من مناطق المملكة خاصة في المناطق الآتية (شكل ٤٦) :

منطقة النيمار (An Nimahr) (خط عرض ٢٥°٣٢ شمالاً وخط طول ٤١°٦ شرقاً)، حيث ثبت وجود الأنثيمون بصحبة الزنك والنحاس والرصاص والفضة على هيئة معادن (سفاليريت، كلكوبيريت، بيريت، تيتراهدريت، جالينا، بيروتيت) منشورة في طف ربوليتي ورخام يعلو طبقات من الجاسبر وطف الأنديزيت.

في عوينة : Au, Sb ، وأم جرفان : Au, Sb ، وبقية : Cr, Ni, Zn, Sb وسهيلية : Sb, Au, Zn, Ni, Co ، وجبل العبيد : Sb في إقليم ظلم.

● في عش كامب (Ush Kamb) : Pb, Ag, Zn, Cu, Sb, Cd.

الزرنيخ (Arsenic (As)

الزرنيخ نادر الاستخدام إلا في قليل من السبائك مثل خلطه مع الرصاص لصناعة المقذوفات النارية، لكن تستعمل أملاحه (أرزينات الكالسيوم أو الرصاص) كمبيدات حشرية، وأكسيده كمبيد للحشائش. ويستعمل بعض الزرنيخ في حفظ الأخشاب والجلود، كما تستهلك صناعة الأصباغ والأدوية والكيماويات كميات منه.

وأهم الدول المنتجة للزرنيخ هي السويد وفرنسا والمكسيك وبلجيكا وإستراليا واليابان. وتستطيع السويد بمفردها أن تنتج ما يغطي استهلاك العالم من العنصر.

ولا يوجد راسب واحد في العالم يستغل للزرنيخ بمفرده بل يحصل عليه دائماً كناتج ثانوي مع غيره من العناصر، وأهم أنواع الرواسب التي يستخلص منها الزرنيخ هي :

● رواسب النحاس - زنك - رصاص المحتوية على إنارجيت enargite (Cu_3AsS_4).

● رواسب النحاس المحتوية على أرزينوبيريت

● عروق الفضة الطليقة وزرنيخات النيكل والكوبلت

● رواسب الذهب المصاحب للأرزينوبيريت

● رواسب القصدير المحتوية على بعض الزرنيخ

وهناك أكثر من ٢٥ معدناً للزرنيخ معظمها إما زرنيخات أو كبريتيدات، وأهم

معادنه الأولية هي أرزينوبيريت FeAsS (arsenopyrite) ، لولينجيت lollingite ، سمالتيت (FeAs_2) ، smaltite (CoAs_2) ، نيكوليت (NiAs) niccolite ، تينانتيت $(\text{CuSAs}_2\text{S}_7)$ tennantite ، إنارجيت $(\text{Cu}_3\text{As S}_4)$ enargite وبروستيت proustite $(\text{Ag}_3\text{AsS}_3)$.

الزرنينخ في المملكة العربية السعودية

يوجد الزرنينخ في صحبة عروق الذهب في جنوب جبل ظلم وفي جبل الحمراء وفي تمعدن سكارن بصحة البزموت في نفود كثيفة، وبصحبة الفضة والبزموت في كوارتز هل (quartz hill) في إقليم ظلم، كما وجدت آثار منه بصحة التنجستن والموليدنم في وادي هميلية في إقليم مدين .

البزموت Bismuth (Bi)

يستخدم البزموت بكميات قليلة في الصناعة ، ولكن وجوده مهم في بعض الصناعات الدوائية لخواصه العلاجية ، كما يستعمل في أكساب بريق للمنتجات الخزفية ، وفي صناعة الزجاج البصري ، ونظرا لأنه يكون سبائك مع الرصاص والقصدير والكادميوم تمتاز بانخفاض درجة انصهارها فإنها تستعمل في رشاشات المياه الأتوماتية للوقاية من الحريق (عندما يسخن المكان بسبب الحريق تنصهر المادة فيندفع الماء لإطفاء النيران وتبريد المكان) ، وكذلك في قواطع التيار الكهربائي (الفيوزات) .

ويبلغ الإنتاج العالمي حوالي ٥ مليون رطل يأتي معظمها من الولايات المتحدة والمكسيك وبيرو واليابان والقليل منها يأتي من ألمانيا وأسبانيا وإستراليا وبوليفيا .

وأهم معادن البزموت هي البزموت الطليق Bi (native bismuth) والبزموثينيت Bi_2S_3 (bismuthinite) ومغرة البزموت (bismuth ochre) (وهي خليط من أكاسيد وكربونات البزموت خاصة البزميت Bi_2O_3 (bismite) . وقليل من الرواسب المعدنية يستغل للبزموت فقط ، لكن معظم إنتاجه يأتي من رواسب فلزات أخرى مثل القصدير والنحاس والفضة والرصاص .

البزموت في المملكة العربية السعودية

وجد البزموت مصاحبا للقصدير أو الفضة أو الرصاص أو الزرنينخ في بعض

مناطق المملكة ، وأهم مناطق وجوده هي :

- منطقة عويجة - ثعبان بالدوادمي حيث يصاحب تمعدن W, Mo
- منطقة جبال في بيدا وفي منطقة أبها حيث يصاحب Ag, Pb, Ag
- جبل ورجان بمنطقة المدينة حيث يصاحب Mo, Pb, Ag
- كوارتز هل (Quartz hill) رقم ٢ و ٣ بمنطقة ظلم (Bi, As) Ag
- نفود كثيفة في إقليم ظلم حيث يوجد في نطاق سكارن مع الزرنيخ .

الكادميوم (Cadmium (Cd)

يتميز الكادميوم بدرجة انصهاره المنخفضة ، وقابليته للطرق والسحب ، وبليونته الأكثر من الزنك ، وبسهولة تكوينه للسبائك مع غيره من الفلزات ، لذا تستخدم سبائكه مع النيكل أو الفضة أو النحاس في صناعة محاور الارتكاز وغيرها من الأغراض المقاومة للاحتكاك ، فيضاف الكادميوم إلى النحاس لرفع صلابته ، وللفضة لخفض سرعة تأكسدها وانطفاء لمعانها في أدوات المائدة ، ويضاف إلى الذهب لإضفاء لون مخضر مميز . ومن استخداماته المهمة طلاء الحديد لمنع الصدأ في الأجزاء المعرضة للجو . ولمركبات الكادميوم أهميتها الخاصة في الصناعات الكيميائية والفوتوغرافية وفي صناعة أنابيب أجهزة التلفزيون الملون وغيرها .

ويحصل على الكادميوم فقط كناتج جانبي في استخلاص الزنك ، ولا يوجد راسب معين أو منجم واحد يستغل فقط للكادميوم . ويبلغ الإنتاج العالمي من الكادميوم حوالي ١٧ مليون طن ، وأهم الدول المنتجة له هي كندا والمكسيك وأستراليا ، وتأتي كميات أقل من ألمانيا والنرويج وجنوب إفريقيا .

ومعادن الكادميوم الرئيسية هي الكبريتيد جرينوكيت (greenockite) CdS والكربونات أوتافيت (otavite) CdCO₃ وتوجد دائما مصاحبة لمعادن الزنك مثل السفاليريت ونواتج تأكسده .

الكادميوم في المملكة العربية السعودية

لم يذكر الكادميوم في رواسب المملكة إلا في موقعين :

في راسب أطلنطس في أجاجيات البحر الأحمر حيث يحتوي الراسب على Zn,

Cu, Ag, Au, Co, Cd, Pb .

في عش كامب (Ush Kamb) في منطقة عسير حيث يوجد بصحبة Zn, Pb, Ag, Cu, Sb, Cd .

الزئبق (Hg) Mercury

عرف الفلز منذ أقدم العصور حيث استخدم في استخلاص الذهب ، وكانت مناجمه الأولى في منطقة المعدن (Almaden) بأسبانيا . والعرب هم الذين أطلقوا اسم «المعدن» على تلك المنطقة عندما رأوا الزئبق الطليق لامعاً في بعض فجوات صخورها البركانية .

والزئبق هو الفلز الوحيد السائل تحت ظروف الحرارة والضغط العادية ، وهو مهم للغاية في صناعة الأجهزة الكهربائية والإلكترونية وأجهزة الاتصال ، وفي الصناعات الدوائية ، والبطاريات الجافة ، والمبيدات الحشرية ، وبوادي التفجير في المفرقات ، بالإضافة إلى استخدامه في استخلاص الذهب والفضة . وتستخدم كميات منه في صناعة الترمومترات ، وحشو الأسنان وصناعة المصابيح الكهربائية .

والفلز سام للغاية ، وكان سبب موت الآلاف ممن تناولوا طعاما عولج بالزئبق ، وأسماكاً صيدت من مناطق ملوثة بعوادم الصناعة الحاوية للفلز (خاصة في اليابان) .

ومعادن الزئبق الاقتصادية هي السنابر HgS (cinnabar) والمتاسنابر (metacinnabar) والكالوميل Hg_2Cl_2 (calomel) وقليل من الفلز الطليق Hg (native mercury) . ويبلغ الإنتاج العالمي حوالي ٣٠٠,٠٠٠ قنينة (٧٦ رطلاً بكل قنينة) يأتي معظمها من المعدن (أسبانيا) أدريا (يوغسلافيا) مونتني أمياتا (إيطاليا) سانتاباربرا (بيرو) ونيو المعدن ونيو أدريا (كاليفورنيا) ، ويحصل على الفلز بتبخيره من خاماته حيث يكتف في قوارير من الصلب تحتوي الواحدة على ٧٦ رطل من الفلز ، وبسبب سهولة استخلاصه يمكن استغلال الكثير من الرواسب المعدنية منخفضة الرتبة .

وتأتي معظم رواسب الزئبق من المحاليل الحرمائية (hydrothermal solutions) على هيئة رواسب إحلالية أو حشو الكسور والمسام في الصخر المضيف ، ويمكن أن توجد الرواسب في أي نوع من الصخور وإن كانت معظم رواسبه المعروفة تصاحب بركانيات العصر الثلاثي .

الزئبق في المملكة العربية السعودية

ذكر الزئبق من موقع واحد بوادي إيثان بإقليم المدينة لكن لا تتوافر معلومات كافية عن الموقع . ويجب الاهتمام بالبحث عن رواسب الزئبق في بركانيات العصر الثلاثي الموجودة في الفيوض الأقدم من الحرات بالمملكة .

باب الثاني

الرواسب المعدنية اللافلزية

■ مدخل ■ مواد الطاقة ■ مواد الصناعات الخزفية ■ مواد الإنشاء
والتشييد ■ المواد الميتالرجية الصامدة والمقاومة للصهر ■
المعادن والمواد الصناعية ■ معادن الصناعات الكيميائية ■ مواد
الصقل والتلميع ■ أحجار الزينة ■ الأحجار الكريمة .

مداخل

تستخدم المعادن اللافلزية أساساً بالصورة التي تستخرج عليها دونما محاولة لاستخراج عناصرها الأولية . وتعتمد قيمتها الاقتصادية عادة على إمكانية استخدامها محلياً إذ كثيراً ما تفوق تكلفة النقل إلى أماكن بعيدة قيمة الخام نفسه .

والرواسب المعدنية اللافلزية - على عكس الرواسب الفلزية - لا تخضع لأي تقسيم بسيط ، فمن الممكن أن يتكون الخام بأكثر من طريقة وكثيراً ما يحتوي على أكثر من عنصر أو أكثر من معدن ومن هنا كان التقسيم المقبول لها هو ذلك المبني على الغرض المستخدم فيه الخام - وهذا هو المتبع في هذا الباب حيث قسمت الرواسب اللافلزية إلى :

- مواد الطاقة (energy resources) : ١ - الفحم ، ٢ - طفال الزيت
- مواد الصناعات الخزفية (ceramic materials) : ١ - الفلسبار ، ٢ - البوكسيت ، ٣ - الصلصال .
- مواد الإنشاء والتشييد (structural and building materials) : ١ - المواد الركامية ، ٢ - مواد صناعة الأسمنت ، ٣ - الجبس والأنهيدريت ، ٤ - مواد العزل الحراري والصوتي .
- المواد المبتالية لرجية الصاهرة والمقاومة للصهر (metallurgical, fluxing and refractory materials) : ١ - الفلوريت ، ٢ - الجرافيت ، ٣ - الجير والحجر الجيري ، ٤ - المجنيزيت .
- المعادن والمواد الصناعية (industrial materials) : ١ - الإسبستس ٢ - رمل الزجاج ، ٣ - الميكا ، ٤ - التلك ، ٥ - الباريت ، ٦ - البتونيت .

- معادن الصناعات الكيميائية (chemical minerals) : ١ - الهاليت (الملح الصخري) ، ٢ - أملاح البوتاس ، ٣ - الكبريت ٤ - الفوسفوريت .
- مواد الصقل والتلميع (abrasives and polishing materials) الكورندم ، الجارنت .
- أحجار الزينة والرخام .
- الأحجار الكريمة (gemstones) .

الفصل الأول

مواد الطاقة

Energy Materials

■ الفحم ■ طفال الزيت

يندرج تحت هذا العنوان مواد الوقود الأحفوري (fossil fuel) المخزنة بين طبقات القشرة الأرضية، وتشمل زيت البترول والغاز الطبيعي بالإضافة إلى أنواع الفحم المختلفة. كما أن هناك بعض المواد الصخرية المحتوية على نسبة مرتفعة من العناصر الكربونية، مثل رمل القطران (tar sand)، وطفال الزيت (oil shales)، وإن كانت لا تشكل مصادر اقتصادية حتى الآن، إلا أن الإنسان قد يحتاج إليها في المستقبل بعد أن يستنزف الثروة البترولية المتاحة له بسهولة ويسر حالياً، خاصة إذا علمنا أن رمال القطران في أثاباسكا (Athabasca tar sands) قد بدأ استغلالها فعلاً حيث ينتج منها بالتقطير، حوالي ٥٠,٠٠٠ برميل من الزيت يومياً، وأن احتياطي العالم من الزيت الممكن إنتاجه من هذه الصخور يقدر بحوالي ٩١٥ بليون برميل على أقل تقدير.

وفي دراستنا هنا لن نتطرق لدراسة البترول والغاز الطبيعي حيث إنه مجال واسع ويحتاج إلى كتاب منفصل، لكن سنتناول باختصار الفحم وطفال الزيت أو الصخور الحاوية للبتيومين.

الفحم Coal

كان الفحم هو المصدر الرئيس للطاقة قبل استخدام البترول، وعليه قامت الثورة الصناعية في أوروبا. ورواسبه واسعة الانتشار وذات احتياطيات كبيرة، حيث قدرت احتياطيات العالم بنحو ٧٦٠٠ بليون طن.

يقسم الفحم إلى أربعة أنواع رئيسة هي الأنثراسيت (anthracite) ، والفحم البتيوميني (bituminous coal) ، واللجنيت (lignite) ، والبیت (peat) ، مرتبة حسب أفضليتها .

يوجد الفحم على صورة طبقات في التتابعات الرسوبية المعروفة باسم (coal measures) ، والتي تتكون من طبقات متبادلة من الفحم ، والطفال والصلصال ، والحجر الرملي ، وتوجد في كل الأعمار الجيولوجية التالية للديفوني وحتى الثلاثي الذي ينتج منه أغلب اللجنيت الموجود في العالم .

الفحم في المملكة العربية السعودية

اخترقت الآبار المحفورة في الغطاء الرسوبي الفانيروزوي ، بعض طبقات من الفحم أو اللجنيت ، مما دفع المديرية العامة للثروة المعدنية إلى أن تأخذ على عاتقها برنامجاً للبحث عن الفحم في المملكة . يستهدف هذا البرنامج التعرف على الفترات المناسبة استراتيجافيا ومناخيا لتكوّن الفحم خلال التطور الجيولوجي لصخور الغطاء . وقد تحقق حتى الآن وجود الفحم بين الصخور المتكونة من الديفوني وحتى الثلاثي في صخور الغطاء ، بامتداد الحافة الشرقية للدرع العربي ، وحددت خمس مناطق واعدة لوجود احتياطات من الفحم . وهذه المناطق هي منطقة النفود الكبير (منطقة القصيم) منطقة الرياض الكبرى ، منطقة العريض ، ومنطقة شرورة ، والربع الخالي .

ففي منطقة القصيم - بين الغاط والزلفي - عشر على الفحم البتيوميني واللجنيت في تتابع من متكون ضرومة (Dhrumah) الجوارسي العمر أثناء حفر آبار للماء ، وبلغ السمك الظاهري لهذا التتابع أكثر من ٣٠ متراً . وفي منطقة العريض اخترقت الآبار أفقين للفحم بين صخور الكربوني والبرمي ، كما عشر على راقات من الفحم تحت البتيوميني أو اللجنيت في متكونات الخف والجلح ومنجور ومرات والطويق ، وبلغ سمك الطبقات الحاوية للفحم ٢٠ م في ججر رملي البياض (Biad) الكريتاسي العمر و ٦,٥ م في متكون الوسيح (Wasia) و ٤٥ م في متكون عرومة (Arama) بالربع الخالي . والأمل كبير في أن تسفر الأبحاث الجارية حالياً عن وجود الفحم بكميات ورتب اقتصادية بالمملكة بإذن الله .

طفال الزيت Oil Shale

توجد صخور الطفال الحاوية لبعض المواد البتيومينية، والتي تنتج بعضاً من الزيت الخام عن تقطيرها، في كثير من المناطق بالولايات المتحدة وكندا والمغرب، إلا أن أيّاً منها لم يستغل اقتصادياً حتى الآن، وإن كانت بعض الدراسات مازالت تجري في الولايات المتحدة وكندا للاستفادة من رمال القطران (tar sands) والمشباهة لطفال الزيت.

طفال الزيت في المملكة العربية السعودية

وفي المملكة العربية السعودية عشر على طبقات رقيقة من طفال الزيت، مماثلة لتلك الموجودة في الأردن، مصاحبة لرواسب الفوسفوريت، من الكريتاسي الأعلى إلى الثلاثي، بالمناطق الشمالية من المملكة، وربما تمثل الامتداد الجانبي للتطبعي لسحانات الفوسفوريت في ثنيات طريف.

بينت الأبحاث التي أجريت على هذا الطفال، قلة كمية الزيت الناتج منه عند تقطيره، مما يجعله بعيداً عن مجال الاستغلال الاقتصادي.

كما كشفت الدراسات الحديثة على صخور الغطاء الباليوزوي، عن أن الأعضاء المكونة من الرمل - الغرين لتكون تبوك (Tabuk) (أردوفيشي - سيلوري) - تحتوي على بعض البتيومين، ربما يمثل ما تبقى من صخور مصدر الزيت، وتجري الأبحاث اللازمة لتقدير محتواها من الزيت، عند تقطيرها، أو من العناصر الضئيلة والنادرة (يورانيوم - فاناديوم - نحاس) والتي كثيراً ما تترسب في الصخور البتيومينية لما توفره من بيئة مختزلة لتلائم ترسيبها.

الفصل الثاني

مواد الصناعات الخزفية Ceramic Materials

■ الفلسبار ■ البوكسيت ■ الصلصال

الفلسبار (Feldspar ($K AlSi_3O_8/Na AlSi_3O_8$))

رغم أن الفلسبار هو أكثر المعادن شيوعاً في الصخور النارية، إلا أن المستخدم منه في الصناعة هو نوعية معينة من فلسبارات البوتاسيوم والصوديوم الفقيرة في عنصر الكالسيوم، التي توجد على صورة تسهل فصلها وتنقيتها، وأفضل ما يكون ذلك هو في صخور البجماتيت خشنة التحبيب.

يستعمل الفلسبار في صناعة الزجاج والخزف حيث يستخدم أساساً كمادة مزججة (glaze) لتغطية أسطح المصنوعات الخزفية.

الفلسبار في المملكة العربية السعودية

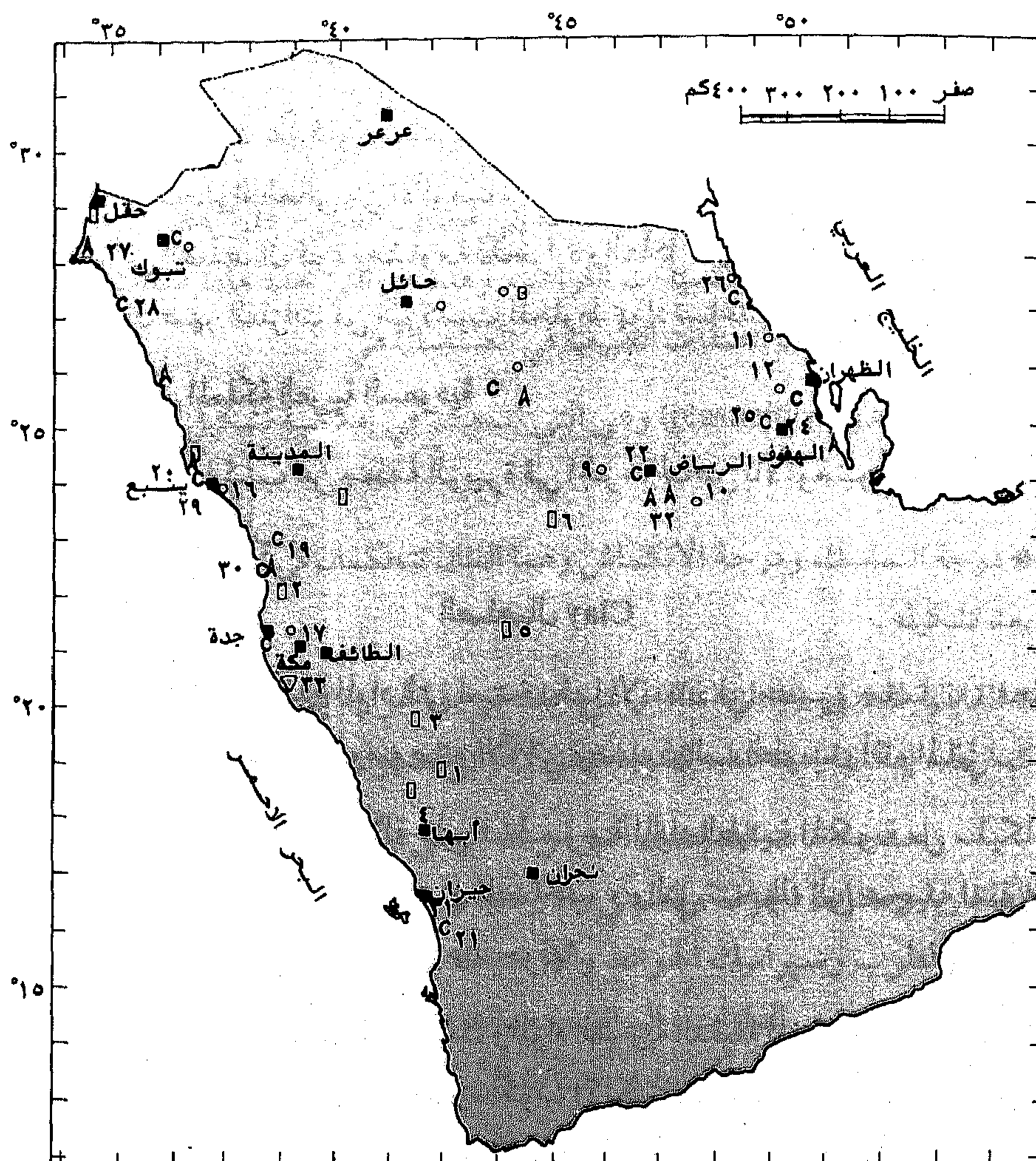
يوجد الفلسبار في المملكة كأحد مكونات قواطع البجماتيت، إلا أن قلة الكميات المتاحة منه وعدم وجود طلب شديد عليه من الصناعات المحلية جعلاه بعيداً عن مركز الاهتمام. وأهم مناطق وجود الفلسبار بالمملكة (شكل ٥٠) هي:

- شمال خميس مشيط ويبر بن سرار في إقليم عسير .
- شمال وادي قديد ، وشمال وادي الشعبة ، وشمال جبل أبو بكر بمنطقة جدة وكذلك جبل الدمة بالطائف .

- جبل أبو وزه وجبل أبو مرو وأبيار بن مر بمنطقة المدينة المنورة .
- في عبله وقرينة وحقبان والروضة .
- سمرة وغرب جبل الإهينة (Al Ehene) وجبل أبو جرة وحره الجعلاني بمنطقة الدوادمي .
- وجد الفلسبار من نوع الأمازونيت ذو اللون الأخضر الجميل في وادي الخرار بمنطقة الطائف .

تابع شكل ٥٠ بعض أهم مواقع مواد الصناعات الخزفية ومواد الإنشاء والتشييد

مواد أسمنت	فلسبار
١٨ - تبوك	١ - بئر بن سرار
١٩ - رابغ	٢ - وادي قديد
٢٠ - ينبع	٣ - عبله
٢١ - جيزان (أم عرج)	٤ - قرينة
٢٢ - الرياض	٥ - حقبان
٢٣ - القصيم (بريدة)	٦ - الروضة
٢٤ - الهفوف	٧ - جبل سودة
٢٥ - أبقيق	البوكسيت
٢٦ - الخفجي	٨ - الزبيرة
الجبس	الصلصال
٢٧ - مقنا وجبل رغامة	٩ - مرات
٢٨ - طويل الكبريت	١٠ - خشيم رضي ، جبل الدغم
٢٩ - ينبع	١١ - الجليل
٣٠ - رابغ	١٢ - اللدّم
٣١ - جيزان	١٣ - الطينيات
٣٢ - الخرج	١٤ - الطرفية
مواد العزل الحراري (بيرليت)	١٥ - تبوك
٣٣ - جبل شامة	١٦ - ينبع النخل
	١٧ - مدركة



- B البوكسيت
 C مواد الأسمنت
 ° الصلصال
 □ الفلسبار
 A جبس وأنهدريت
 ▽ بيرليت

شكل (٥٠) خريطة توضح بعض مواقع وجود مواد الصناعات الخرفية ومواد الإنشاء والتشييد في المملكة العربية السعودية .

البوكسيت (Bauxite) ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

سبق الحديث عن البوكسيت بوصفه الراسب الأساسي لصناعة الألومنيوم، إلا أنه وبسبب محتواه العالي من الألومينا، مطلوب في بعض الصناعات الخزفية حيث يضيف إلى الصلصال قوة ومقاومة للحرارة والتآكل. وتصنع بعض قوالب طوب تبطين أفران صهر الفلزات من البوكسيت المخلوط بمواد تساعد على تماسكه.

البوكسيت في المملكة العربية السعودية

يراجع ما كتب عن منطقة الزبيرة في الجزء الخاص بالألومنيوم من الخامات الفلزية في هذا الكتاب.

الصلصال Clay

الصلصال هو أقدم المواد التي استخدمها الإنسان في مسيرة حضارته، فعلى الواح الصلصال كتب قصته ومنه صنع الأواني وصب قوالب الطوب وأقام المباني.

يستخدم الاسم للدلالة على مجموعة المواد الطينية المتكونة من سليكات الألومنيوم المائية والفتات الصخري المصاحب، والتي تتحول إلى عجينة لدنة عند إضافة الماء إليها ثم إلى مواد حجرية عند حرقها.

والصلصال مجموعة من المعادن والمواد الغروية الدقيقة للغاية، والتي تحتاج إلى تكبير عدة آلاف من المرات بالميكروسكوب الإلكتروني لدراستها، وهي معادن صفائحية أو إبرية الشكل دقيقة الحبيبات (أقل من ٠,٠٠٢ من المليمتر)، تعرف دائماً باستخدام الأشعة السينية، أو التحليل التفاضلي الحراري (DTA) Differential Thermal Analysis وتنشأ عن التجوية الكيميائية وتحلل معادن مجموعة الفلسبار بصفة أساسية، كما يتكون بعضها بفعل المحاليل الحرمائية (hydrothermal solutions). وأهم هذه المعادن هي:

- مجموعة معادن الكاولينيت kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$):

وتشمل الكاولينيت والديكيت والنكرت وغيرها

- مجموعة معادن المونتموريلونيت ($\text{Al, Mg})_8 (\text{Si}_4 \text{O}_{10})_4 (\text{OH})_8 n\text{H}_2\text{O}$)

montmorillonite

وتشمل المونتموريلونيت والصابونيت وغيرها .

● مجموعة معادن الميكا المتميئة - إليت $(K_2 (Si_6 Al_2) Al_4 O_{20} (OH)_4)$ illite

ويحتوي الصلصال - بالإضافة إلى معادن الطين - على بعض المواد الغروية وفتات الصخور وهيدروكسيدات القواعد ، وهذه هي التي تحدد عادة صفات الصلصال واستخداماته . وأهم الصفات الطبيعية في الصلصال هي :

● درجة اللدونة (plasticity) وهي التي تتحكم في إمكانية تشكيل الصلصال قبل حرقه .

● درجة التماسك ودرجة الانكماش وهما اللتان تتحكمان في إمكانية حرق الصلصال بعد تشكيله .

● القابلية للصهر (fusibility) والتي تحدد درجة الحرارة التي عندها يتزجج الصلصال كما تحدد إمكانية استخدامه كمادة مبطنة لأفران الصهر .

واستخدامات الصلصال أكبر من أن تحصى ، فهو المستخدم في صناعة الأواني الفخارية وصناعة الخزف والصيني والأرضيات والحمامات والسيراميك . وهو مادة قوالب الطوب وسيراميك الحوائط والأرضيات وفي صناعة العوازل الكهربائية والمواد المبطنة لأفران صهر الفلزات والبواتق ومعدات صهر الزجاج ، ومنه تصنع مواسير المياه والمجاري وتضاف بعض أنواعه في صناعة الأسمنت والورق وحتى الأدوية .

هذا بالإضافة إلى استخدام البنتونيت ، والمكون أساساً من معدن المونتموريلونيت ، في تجهيز طينة حفر الآبار وغيرها مما لا يمكن حصره من استخدامات .

الصلصال في المملكة العربية السعودية

الصلصال موجود في مناطق عديدة يصعب حصرها (شكل ٥٠) ، إلا أن صلاحيته للاستخدام تختلف من منطقة إلى أخرى وكذلك الغرض الممكن استخدامه فيه . وتوجد معظم مناطق وجود الصلصال في صخور الغطاء الرسوبي (Fujii 1977)

■ فيوجد الصلصال الكاوليني الصالح لصناعة الفخار والخزفيات في خشيم

رضى وجبل شهباء ووادي صلة ودراب سعد شمال الرياض ومنطقة الخرج في متكون الواسع وفي الزبيرة وضرمة ومرات وبيير الحميمة (قرب حايل) والكهفة والحسيرة والطينيات وكلها مشمولة في صخور الغطاء .

■ كما يوجد طين الحفر (البنتونيت) في مناطق مدركة وخليص وعسفان بالقرب من جدة، وفي مشاش الويلية بالقرب من الحليفة، وكذلك شمال الدمام وفي الجبيل (Spencer and Vincent 1984) .

■ ويوجد الصلصال القابل للتمدد في وسط هضبة حسمه وجبل غوانين وطور العرقانة في شرق تبوك وفي ينبع النخل .

■ أما الصلصال المناسب لصناعة الطوب ولوازم البناء فمتوافر في مناطق عديدة من صخور الغطاء الرسوبي من أهمها الطرفية شمال بريدة وجبل السهامي وجبل فزان وسهل الحفيرة وعين دار والدم والونان والزغبية وشرق مدينة تبوك وجبل الفضيلي والنعيرية والجاهلية وصفورة والمرير ووادي عطشانات وجبل الدغم ورخيات السودا وغيرها كثير (شكل ٥٠) .

الفصل الثالث

مواد الإنشاء والتشييد

Building and Construction Materials

■ المواد الركامية ■ مواد صناعة الأسمنت ■ الجبس
والأنهيدريت ■ مواد العزل الحراري والصوتي .

تشتمل هذه المجموعة على المستلزمات الأساسية وإقامة المنشآت ، وهي القاعدة الأساسية والخطوة الأولى في مشروعات الإسكان والتصنيع وشق الطرق وما عليها من كباري وأنفاق ، ويمكن تقسيم المجموعة إلى عدد من الأقسام ، يضم كل منها المواد اللازمة لغرض معين ، والمشاركة في بعض صفاتها ، وتضم هذه الأقسام :

■ المواد الركامية aggregates : الأحجار المجروشة ، الرمل ، الحصى ، خبث الأفران وغيرها .

■ مواد صناعة الأسمنت cement raw materials

■ الجبس والأنهيدريت gypsum and anhydrite

■ مواد العزل (حراري وصوتي) insulating materials

المواد الركامية Aggregates

المواد الركامية هي تلك المنتجات المعدنية أو الصخرية الصلبة ، والثابتة كيميائيا ، والتي يمكن تشكيلها بعد تكسيرها وجرشها لأحجام معينة ، لإعطاء الكتلة والقوة للمنشآت عند تحضير الخرسانة ، وذلك بخلطها مع الأسمنت أو الزفت أو البلاستر أو حتى مواد الطين . ولا بد أن تكون المواد الركامية منخفضة التكلفة حتى يمكنها الوقوف في منافسة مع طرق البناء الأخرى ، ويختلف ثمنها في موقع إنتاجها ، لكن يظل دائما أقل من تكلفة نقلها إلى موقع استخدامها .

وأكثر الصخور استخداماً في تجهيز المواد الركامية هي الحجر الجيري، والدولوميت، والجرانيت وأشباه الجرانيت، والجابرو والبازلت، والحجر الرملي والكوارتزيت.

وفي المملكة العربية السعودية تتوزع محاجر إنتاج المواد الركامية في كافة أنحاء المملكة ويوجد عدد منها بالقرب من كل مدينة أو مركز إنشاءات وذلك لتفادي تكلفة النقل كما سبق القول.

مواد صناعة الأسمنت Cement Materials

تعتبر مواد صناعة الأسمنت ذات أهمية خاصة، لأهميتها المطلقة في التعمير والتصنيع، حتى إنها قد استخدمت كمقياس للتقدم الحضاري والصناعي، ففي الدول الصناعية المتقدمة يصل استهلاك الفرد من الأسمنت إلى عدة مئات من الكيلوجرامات، ينخفض إلى ٢٥ كيلو جرام أو نحو ذلك في الدول الأقل تقدماً وتصنيعاً.

ويمكن تعريف صناعة الأسمنت بأنها معالجة المواد المعدنية الخام المختارة لإنتاج خليط معدني صناعي (كلينكر) يمكن طحنه إلى مسحوق له الصفات الفيزيائية والكيميائية التي تحددها المواصفات القياسية للأسمنت. ونظراً لشدة الحاجة إلى الأسمنت في كافة مواقع الإنشاء والتعمير، تتوزع مصانع الأسمنت جغرافياً حتى تكون قريبة من أماكن استهلاكه تفادياً لتكلفة النقل، والعوامل الأساسية في تحديد مواقع هذه المصانع هي: أماكن الاستهلاك، تكلفة نقل المنتج، وتكلفة نقل المواد الخام، مدى توافر المواد الخام، والوقود والقوى المحركة.

والمواد الخام المطلوبة في صناعة الأسمنت هي:

● مصدر للجير (CaO) وهو ما يتوافر في صورة كربونات كالسيوم في الأحجار الجيرية أو الرخام أو المارل، وقد تستعمل الشعاب المرجانية أو الأصداغ عند توافرها بكميات كافية.

● مصادر للسيليكا والألومينا، عندما تكون نسبتها في الصخور المستعملة كمصدر للجير أقل من اللازم للأسمنت. وأهم مصادر السيليكا المستعملة هي الرمال، الغرين الصلصال والحجر الرملي، وتأتي الألومينا من الصلصال ومعادن الطين بصفة عامة.

- بعض المواد الإضافية القليلة مثل الحديد ، ووجوده مطلوب بنسب معينة في كل أنواع الأسمنت فيما عدا الأسمنت الأبيض .
- مصدر لثالث أكسيد الكبريت (SO_3) ويحصل عليه بإضافة الجبس أو الأنهيدريت .

وهناك نوعية من الحجر الجيري غير النقي ، يطلق عليه اسم صخر الأسمنت (cement rock) لا يتطلب أي إضافات ، وذلك لاحتوائه على النسب المطلوبة من الجير والسيليكا والألومينا وغيرها من المتطلبات . وهناك بعض المواد غير المرغوبة التي قد توجد في الخامات المضافة وهذه تقلل من قيمة الخامات ومنها المغنيسيا MgO إذا زادت عن نسبة معينة ، وأكسيد الفوسفور P_2O_5 إذا وصلت إلى ١ ، ٠ ٪ .

ولصناعة طن من الأسمنت يلزم الآتي :

٢٥٣٠ رطلاً من الحجر الجيري و ٦٧٠ رطل طين أو طفال تحتوي على الآتي :

٧٥ ٪ كربونات كالسيوم $CaCO_3$

٤ ٪ كربونات مغنيسيوم $MgCO_3$

١٤ ٪ سيليكا SiO_2

٥ ٪ أكسيد حديدك Fe_2O_3

١ ٪ شوائب

ثم إزاحة ثاني أكسيد الكربون والماء من الخليط وذلك برفع درجة الحرارة إلى ١٤٨٠ درجة مئوية .

وفي المملكة العربية السعودية ، مع بداية مشروعات التعمير والإنشاء والتنمية ، أقيم أول مصنع للأسمنت في جدة بطاقة ٣٠٠ طن في اليوم في ١٩٥٨ م ، وفي بداية الخطة الخمسية الأولى للتنمية في عام ١٩٧٠ م ظهرت الحاجة الشديدة لتصنيع الأسمنت بالمملكة على أساس من توافر المواد الأولية ، وبذا زادت إنتاجية مصنع جدة حتى وصلت إلى ٤٠٠٠ طن في اليوم . وكانت نتيجة هذه الجهود أن قامت في المملكة حالياً تسعة مصانع للأسمنت ، موزعة في أنحاء المملكة المختلفة بالقرب من مدنها الرئيسية وفي مواقع توافر الخامات الأولية ، بيانها كالاتي (شكل ٥٠) :

١ - شركة أسمنت تبوك في ضبا بطاقة ٢٢٠٠ طن في اليوم .

٢ - الشركة العربية للأسمنت في رابغ بطاقة ٥٠٠٠ طن في اليوم .

- ٣ - شركة ينبع للأسمنت في ينبع بطاقة ٧٠٠٠ طن في اليوم .
- ٤ - شركة أسمنت الجنوب في جيزان بطاقة ٥٠٠٠ طن في اليوم .
- ٥ - شركة أسمنت اليمامة في الرياض بطاقة ٨٧٠٠ طن في اليوم .
- ٦ - شركة أسمنت القصيم في بريدة بطاقة ٤٢٠٠ طن في اليوم .
- ٧ - الشركة السعودية للأسمنت في الهفوف بطاقة ٥٣٠٠ طن في اليوم .
- ٨ - الشركة السعودية البحرانية للأسمنت في أبقيق بطاقة ٦٠٠٠ طن في اليوم .
- ٩ - الشركة السعودية الكويتية للأسمنت في الخفجي بطاقة ١١٠٠٠ طن في اليوم .

تتوافر المواد الأولية اللازمة (الحجر الجيري المناسب والصلصال والجبس في مناطق عديدة من المملكة وبالقرب منها قامت المصانع المذكورة، ومن أهم هذه المواقع منطقة بريدة (٣٠٠ كم إلى الشمال الغربي من الرياض) حيث يحتوي متكون الخف (Khuff formation) على المواد الخام اللازمة وكذلك في منطقة ينبع البحر، ورابع، وعدد من المواقع بالقرب من جيزان، والرياض، وتبوك.

الجبس والأنهيدريت Gypsum and Anhydrite

للجبس أهمية قصوى في أغراض البناء والتشييد في حين يكاد يكون الأنهيدريت غير ذي فائدة في هذا المجال، والفرق بين المعدنين يعود إلى وجود جزيئين من الماء في الجبس $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ وغيابهما في الأنهيدريت $(CaSO_4)$ ، مما يؤدي إلى اختلاف السلوك الحراري في المعدنين، فبينما يكون الأنهيدريت خاملاً في درجات الحرارة المتوسطة يفقد الجبس ثلاثة أرباع ما به من ماء ويتحول إلى هيميهيدرات $(CaSO_4 \cdot 1/2 H_2O)$ أو عجينة باريس (plaster of paris) الناتج المتوسط الذي بني عليه أكثر من ٩٠٪ من المنتجات النهائية لكبريتات الكالسيوم.

تدل الدراسات الأركيولوجية، على أن بلاستر الجبس قد استخدم في مصر القديمة منذ ما لا يقل عن ٥٠٠٠ سنة، حينما اكتشف المصريون القدماء أن تعريض الجبس للنار يحوله إلى مسحوق قابل للامتزاج بالماء ليتحول إلى عجينة ملاطية يمكن استعمالها كغطاء ناعم للجدران تسهل الكتابة والحفر عليه.

استخدم الجبس منذ أيام الحرب الأهلية الأمريكية، كمحسن لصفات التربة

حيث كان الصخر يطحن ويضاف إليها ، وما زال هذا المجال من أهم استخدامات الجبس .

وفي المملكة العربية السعودية يوجد الجبس والأنهيدريت (ويهما الجبس هنا) في مناطق عديدة من الغطاء الميوسيني في تهامة ، وفي الغطاء الرسوبي في المنطقة الشرقية وحتى شواطئ الخليج ، وعليها قامت صناعة الجبس بالمملكة . وأهم مناطق وجود الجبس هي (شكل ٥٠) :

- مقنا وجبل رغامة : رواسب ذات إمكانيات اقتصادية من الجبس .
- طويل الكبريت : يصل سمك قطاع الجبس عدة مئات من الأمتار ، احتياطات هائلة يصاحبه بعض الكبريت الطليق .
- خشم أم حويد جنوب الدمام : ٥ مليون طن من الجبس النقي للغاية (٩٦٪ جبس) .

- مراغة : ١٥ مليون طن جبس في طبقات ١٠ - ١٥ م سمكا .
- بالإضافة إلى رواسب الجبس والأنهيدريت في الخرج وينبع ورابغ وجيزان .

مواد العزل الحراري والصوتي Insulating Materials

يمكن وضع أهم المواد المستخدمة في أغراض العزل الحراري والصوتي في مجموعات ثلاث هي :

أ - البرليت perlite

ب - الفرميكوليت vermiculite

ج - الأصواف السيليكاتية silicate wools

أ - البرليت هي ألومينوسيليكات غير متبلورة ، توجد على هيئة لابة فلسية زجاجية ، تتميز بالبريق اللؤلؤي والمكسر المحاري ، ويستخدم الاسم التجاري لوصف الزجاج البركاني الحمضي ، المحتوى على ٢ إلى ٥٪ من الماء المتحد . يمكن تحويل هذا

الزجاج البركاني إلى كتلة رغوية بالتسخين السريع إلى درجة التلين (softening point) حيث يزداد حجمه عشر مرات . ويشمل هذا التعريف أيضا البيومس (pumice) والذي قد يستخدم في نفس الأغراض ولكنه لا يحتوي على ماء . ولأن البرليت والبيومس معرضة للتغير بفعل العوامل الجيولوجية وخاصة عمليات إزالة التزجج (devitrification) التي تحولها إلى صخور دقيقة التحبب من الكوارتز والفلسبار ، لذا فإن كل الرواسب المستغلة يرجع عمرها إلى النشاط البركاني في الرباعي وأواخر الثلاثي فقط . توجد أجسام البرليت على هيئة فيوض ، أو قواطع ، أو قباب لابة ، كما قد توجد على هيئة حواشي محيطية بالبركانيات أو المحقونات القريبة من السطح .

ب - الفيرميكوليت ، يشير الاسم فرميكوليت إلى مجموعة من معادن الميكا تركيبها ألومينوسليكات فيرومغنيسيومية ، ولها خاصية التشقق إلى صفائح رقيقة متعددة مع زيادة حجمها مرات عدة عند تسخينها (من ٨ إلى ١٢ مرة في النوعيات المناسبة تجارياً) .

يتكون الفيرميكوليت بعدة طرق ، أهمها التغير الحرمائي للبيوتيت ، وتأتي أهم رواسبها من البجماتيت القاعدي أو البيروكسينيت القلوي أو محقونات الكربونات . يسخن الفيرميكوليت تحت درجات حرارة محكمة ليتشقق ويتمدد ويصبح مناسباً لاستعماله كمادة عازلة للصوت وللحرارة ، وكذلك كمادة مغلفة حول بعض المنتجات الحساسة للنقل .

ج - الأصواف السيليكاتية ، أما الأصواف السيليكاتية فهو اسم تجاري لعدد من المواد الليفية المصنوعة من مواد أخرى مثل خبث الأفران ، أو الزجاج الطبيعي ، أو من بعض صخور الحجر الجيري الطيني التي تناسب الغرض .

مواد العزل في المملكة العربية السعودية

من العرض السابق يتبين أن مواد العزل الحراري أو الصوتي هي مواد مصنعة في الأساس ، تعتمد على مواد خام من السهل توافرها . وحتى الآن لم تقم مثل هذه الصناعة بالمملكة ، ربما بسبب محدودية سوق التوزيع ، وربما أيضاً لعدم توافر المواد الخام المناسبة قريباً من المراكز الصناعية ومجالات التسويق . فالبرليت غير متوافر في

المملكة لأن معظم النشاط البركاني الثلاثي أو الرباعي بها كان بازلي التركيب ، والزجاج الفلسي الأقدم متحول إلى صخور دقيقة الحبيبات لا تصلح للصناعة والموقع الوحيد الذي اكتشف فيه البرليت هو حرة شاما (شكل ٥٠) على بعد حوالي ١٠٠ كم جنوب جنوب شرق جدة على ساحل البحر الأحمر خاصة في جبل شاما والمنطقة المحيطة به . وأفضل موقع لوجود خام البرليت يقع تحت الطرف الجنوبي الغربي من الحرة في تلال منخفضة متوازية تأخذ اتجاه شمال شمال غرب في صخور الريوليت من عصر الميوسين الثلاثي . ويعتبر الخام من النوع الجيد ويقدر الاحتياطي بحوالي مليون طن محتملة و ١٠٠ ألف طن مؤكدة . (Laurant 1993) . أما الفيرميكيوليت فلم تعرف بالمملكة رواسب ذات بال منه .

الفصل الرابع

المواد الميتاليرجية الصاهرة والمقاومة للصهر Metallurgical Fluxing and Refractory Materials

■ الفلوريت ■ الجرافيت ■ الجير والحجر الجيري ■ المكنيزيت

الفلوريت (CaF₂) Fluorite

الفلوريت معدن مهم في صناعة الصلب، إذ يستخدم نحو ٣٣٪ من الإنتاج العالمي من المعدن في أفران تجهيز الصلب، حيث يقوم بتسهيل عملية الصهر وانتقال الشوائب غير المرغوبة، مثل الكبريت والفوسفور، إلى الخبث، كما يستخدم حوالي ١٨٪ منه في صناعة حمض الهيدروفلوريك HF، الذي يستخدم في تحضير الكريوليت اللازم لصناعة الألومنيوم، ويعتبر الباقي منه في صناعات كيميائية متعددة.

يوجد الفلوريت في الصخور النارية الجرانيتية خاصة في مناطق التحول الميتاسوماتي (في الجريزن greisens) والعروق المنتسبة لها) كما يوجد في صحبة صخور الكربوناتيت (carbonatites)، مثل محقون مونتنباس في كاليفورنيا، كما يوجد الفلوريت في الصخور البركانية الرسوبية مع الطّف، وقد يوجد في الأملاح التبخرية المتكونة في المناطق الأخدودية.

بلغ إنتاج العالم من الفلوريت حوالي ٥ مليون طن من المعدن، يأتي معظمها من الولايات المتحدة، والمكسيك، وأسبانيا، وإيطاليا، وكينيا، والصين، والأرجنتين. ويعتبر الفلوريت أهم مصادر عنصر الفلور، حيث يحضر منه حوالي ٥٠٪ من الكميات المطلوبة من الفلور، ويأتي باقي إنتاج الفلور أساساً من الصخور الفوسفاتية لوجود معدن الفلورأباتيت.

الفلوريت في المملكة العربية السعودية

يوجد الفلوريت على هيئة عروق (veins) مصاحبا للمحقونات الجرانيتية القلوية في كثير من المناطق بالمملكة (Lhegu 1981)، وأهم أماكن وجوده هي الآتية:

١) عبله Ablah

يقع فلوريت عبله على خط عرض $20^{\circ}10'$ شمالاً وخط طول $41^{\circ}55'$ شرقاً (شكل ٥١)، حيث يوجد أنبوب صغير (17×22 م) من الفلوريت مصاحباً لمركب سيانيتي، ويوجد بأنبوب الفلوريت بعض العدسات من البيريت والكلكوبيريت والسفاليريت والموليبدينيت، ويرتبط هذا الأنبوب بنطاق من البجماتيت النطاقي (zoned pegmatite) شديد التهشم. ويعتقد البعض أن التمعدن في عبله هو من نوع جريزن (greisen) لوجود تمنطق تغير ميتاسوماتي في محقون عبله.

والفلوريت الموجود في الأنبوب من نوعية ممتازة، حيث يزيد محتواه من CaF_2 عن ٩٧٪، وقدرت الاحتياطيات حتى عمق ٥٠ متراً بحوالي ٢٠,٠٠٠ طن. وحفرت بالمنطقة حفرة ماسية واحدة قابلت فلوريتاً منشوراً فانخفضت نسبة CaF_2 إلى ٢ - ٣٪، ومن المحتمل أن هذه الحفرة قد أخطأت الأنبوب نظراً لصغر حجمه (Cartier 1983).

٢) هضب الدياحين Hadb Diaheen

يقع فلوريت هضب الدياحين على خط عرض $23^{\circ}30'32''$ شمالاً وخط طول $41^{\circ}13'$ شرقاً (شكل ٥١)، حيث يوجد عرق من الكوارتز البريشي الملحوم بالفلوريت عند الحافة الجنوبية لجبل هضب الدياحين الجرانيتي. ويصل عرض العرق إلى حوالي ٥ م ويمتد إلى ما يتجاوز ٢٠٠ م باتجاه 60° إلى الشرق من الشمال ويميل إلى الشمال ميلاً شبه رأسي. ويختفي العرق تحت رواسب الوادي في امتداده الشرقي في حين يقل سمكه حتى يتلاشى في الناحية الغربية.

والجرانيت المصاحب له الفلوريت جرانيت صودي، يتراوح بين قلوي إلى فوق قلوي، محقون في صخر جوفي مضيّف يعرف بتوناليت الحفيرية.

وكمية الفلوريت الموجودة محدودة تقدر بـ ١٥٠,٠٠٠ طن تحتوى على حوالي ٣٥٪ CaF_2 إلى عمق ٥٠ م، والفلوريت موجود كمادة لاحمة للكوارتز البريشي أو

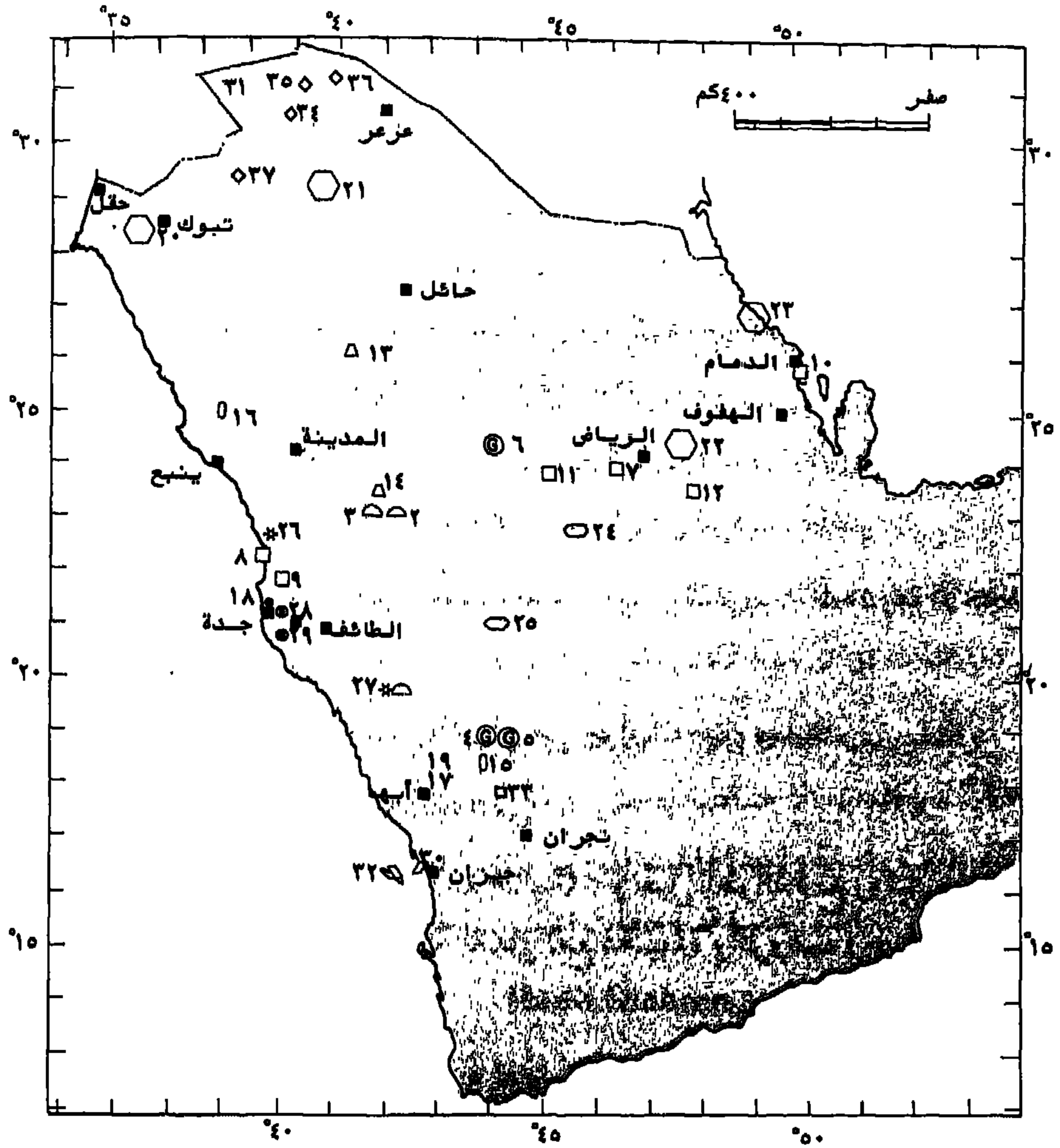
كعروق دقيقة لا يتعدى سمكها ١٠ سم في العادة (Cartier 1984) .

٣) هضبة الشرار Hadb Ash Sharar

يقع جبل هضبة الشرار على خط عرض ٢٣°٥٠ شمالاً وخط طول ٤١°١٣ شرقاً (شكل ٥١)، حيث وجدت بعض عروق من الفلوريت - كوارتز تضرب باتجاه شرق - غرب تقريباً في جرانيت هضبة الشرار، كما وجد الفلوريت كمعدن إضافي في النطاق البجماتيتي المشع في الحافة الشمالية للجرانيت.

وتمتد المنطقة المتمعدنة لمسافة طويلة ويصل سمك بعض العروق إلى ٤٠ سم أو أكثر، إلا أن القيمة الاقتصادية للمنطقة غير ذات بال في الوقت الحاضر .
بالإضافة إلى هذه المواقع ، عُرِفَت بعض عروق الفلوريت المحدودة الامتداد في مناطق عديدة منها:

- الجانب الشرقي والجنوبي الشرقي من جرانيت جبل صايد .
- جبل هوشات والحفيرة بالدوادمي .
- جبل حسلة وجبل عوجة (مع جالينا) ، وجبل الطوالة (مع روتيل وزركون) ، وصخيرة وجبل شدارة وجذبية العفر (مع ذهب) ، والروضة وجبل الرقب (مع تنجستن) بمنطقة ظلم .
- جبل تيران (مع باريت) ، وجبل حمزة (مع باريت) ، وجبل الزهد (مع موليدنم) في منطقة مدين .
- جبل أجا وجبل بشرى (مع تنجستن) ، وجبل وصمة (مع كبريتيدات رصاص وزنك) بمنطقة حايل .
- جبل حبة (مع روتيل) ، وجبل ذات رجوم (مع موليدنم) في منطقة جدة .
- العقيق (مع باريت) وجبل بيون في منطقة عسير .



- | | |
|------------|--------------|
| اسبستس 0 | • بنتونيت |
| * باريت | □ حجر جيرى |
| • ميكا | Δ مجنيزيت |
| Δ فلوريت | ◊ فوسفات |
| ○ تالك | ◡ بوتاس |
| ⊙ جرافيت | ◻ كبريت |
| ⊖ رمل زجاج | ◻ ملح الطعام |

شكل (٥١) خريطة توضح أهم مواقع وجود المواد الميتاليرجية والمقاومة للصهر والصابرة والمعادن والمواد الصناعية ومعادن الصناعات الكيماوية في المملكة العربية السعودية .

تابع شكل ٥١

بعض أهم مواقع المواد الميتاليرجية الصاهرة والمقاومة للصهر والمعادن والمواد الصناعية ومعادن الصناعات الكيميائية

الفلوريت	رمل الزجاج
١ - عبلة	٢٠ - تبوك
٢ - هضبة الدياحين	٢١ - الجوف
٣ - هضبة الشراز	٢٢ - الدغم
الجرافيت	٢٣ - نالجيل
٤ - وادي رخيمان	التلك
٥ - وادي مروة	٢٤ - الأمار
٦ - عرجا - الدوادمي	٢٥ - غرب
الجير والحجر الجيري	الباريت
٧ - الرياض	٢٦ - أم جراد (رابغ)
٨ - رابغ	٢٧ - العقيق
٩ - فرسان	البتونيت
١٠ - الدمام	٢٨ - خليص
١١ - خانوقة	٢٩ - عسفان
١٢ - أم الغربان	الملح والبوتاس
المجترت	٣٠ - جيزان
١٣ - ظر غط	٣١ - قريات الملح
١٤ - جبل الرخام	٣٢ - جزيرة فرسان
الإسبستوس	الكبريت
١٥ - الهجيرة (حمضة)	٣٣ - وادي وسط
١٦ - العيس (خشم نعبون)	الفوسفات
الميكال	٣٤ - سنام
١٧ - خميس مشيط	٣٥ - أم وعال
١٨ - وادي قديد	٣٦ - الجلاميد
١٩ - جبل المنعة	٣٧ - الثنيات

الجرافيت (C) Graphite

الجرافيت هو أحد الصور الطبيعية المتبلّرة للكربون . واستخدم منذ فترات سابقة في تجهيز أقلام الرصاص ، حيث اعتبره الأقدمون وبطريق الخطأ من الرصاص اللين (soft lead) ، أو الرصاص الأسود (black lead) . وتتراوح نقاوة الجرافيت في الطبيعة بين ٣٠ و ٩٨٪ ، وتحتوي رواسب الجرافيت المنشور (disseminated graphite) ما بين ٥ ، ٢ و ٧٪ كربون .

يتميز الجرافيت بارتفاع درجة انصهاره (٣٠٠٠م) وكذلك عدم ذوبانه في الأحماض ، وبسبب ذلك يستعمل في صناعة البواتق ، وبطانات أواني الصهر ، بالإضافة إلى استعماله في إنتاج مواد التشحيم ، ومواد الطلاء ، وصناعة الصلب ، وبطانات المكابح ، وأقلام الرصاص وغيرها من الأغراض . وحديثاً تم إنتاج جرافيت صناعي حيث يمزج زيت البترول وفحم الكوك والأنثراسيت في أفران عالية الحرارة . وقد بلغ إنتاج الجرافيت الصناعي سبعة أمثال الجرافيت الطبيعي . ، بالرغم من ارتفاع تكلفة الجرافيت المحضر صناعياً ، إلا أنه السبيل الوحيد لتجهيز جرافيت على درجة كافية من النقاء تسمح باستخدامه في صناعة أعمدة التحكم في التفاعل في المولدات النووية . أو كأقطاب في الصهر الكهربائي لبعض الفلزات .

ويوجد الجرافيت في الصخور المتحولة أو النارية أو الرسوبية حيث يتكون بإحدى الطرق الآتية :

- ١ - بالتركيز من الصهارة (magmatic concentration) .
- ٢ - بالتحول البيروميتاسوماتي في مناطق التماس (contact pyrometasomatism) .
- ٣ - بالترسيب من المحاليل الحرمائية على صورة عروق وأحمال (hydrothermal deposition) .
- ٤ - بعمليات التحول الإقليمي للصخور المحتوية على بعض المواد الكربونية (regional metamorphism) .

وأغلب الجرافيت المستخرج في العالم تكوّن من خلال عمليات التحول الإقليمي هذه .

الجرافيت في المملكة العربية السعودية

يوجد الجرافيت ضمن مكونات الشست المتحول إقليمياً عن رسوبيات كان بها بعض المواد العضوية في المناطق الجنوبية من الدرع العربي ، لكن لم تصل كمية الجرافيت إلى المستوى الذي يجعلها اقتصادية الاستغلال (حوالي ٥٪ كربون).

وأهم مناطق وجود الجرافيت بالمملكة هي :

● منطقة عرجة بالدوادمي ضمن صخور شست متكون العبط .

● وادي أرخيما في منطقة تثليث على بعد ١٩ كيلو متراً شمال شرق موقع تمعدن الشايب للزنك . يحتوي وادي أرخيما على طبقات متقطعة من الجرافيت لمسافة ٢ كيلو متر ويعرض يصل إلى ٤٠ متراً في صخور الشست المطوية والمقطوعة بقواطع من البجماتيت والجرانيت . يقدر الاحتياطي بحوالي ٤٦٠ مليون طن من النوع المنخفض الدرجة والذي يمكن تحسينه بطرق متقدمة من الفصل الميكانيكي (Laurent 1993) كما يوجد في وادي مروة في منطقة تثليث وفي خشبان الحاوي في منطقة بيشة من نوع الشست الجرافيتي المنخفض الدرجة .

الجير والحجر الجيري Lime & Limestone

يتزايد استخدام الجير والحجر الجيري في الصناعات الميتاليرجية كمادة صاهرة في أفران استخلاص الفلزات ، خاصة أفران الحديد والفلزات غير الحديدية ، حيث تقوم بإزاحة السيليكا وتكوين خبث قاعدي تتجمع فيه الشوائب المنفصلة عن الفلز .

وفي أفران صهر الحديد ، ومع زيادة استخدام الحديد الخردة (scrap) تتزايد كمية الجير المضافة . كما يستخدم الجير في عمليات التعويم (floatation) أثناء تركيز الخامات لإحداث وسط قلوي ، وأيضاً يستخدم في استخلاص الذهب بالسيانيد لمعادلة الأملاح الحمضية القابلة للذوبان ولترسيب المواد العالقة .

والجير الذي يجهز بحرق الحجر الجيري في قمائن خاصة ، له استخداماته الواسعة في الصناعات الكيميائية ، بالإضافة إلى ما سبق .

الجير والحجر الجيري في المملكة العربية السعودية

وفي المملكة العربية السعودية - حيث يتوافر الحجر الجيري في صخور الغطاء

الرسوبي (شكل ٥١) ويتوافر الغاز الطبيعي اللازم لحرق الحجر الجيري وتحضير الجير - لا تكون المشكلة هي توافر المادة الخام ولكن مواصفات هذا الخام . ويجري دائما تقييم لمواصفات كل موقع مستغل للحجر الجيري لتحديد الاستخدام الأمثل لهذا الراسب .

المجنيزيت (MgCO₃) Magnesite

يستخدم المجنيزيت بصفة أساسية كمادة خام لصناعة المغنسيوم ومركباته الكيميائية المختلفة ، كما يستعمل المعدن في بعض أغراض البناء والتشييد ، وكذلك في الصناعات المي탈يرجية .

فعند طحن الخام وخلطه ببعض المواد الأخرى ، يكون مادة لتغطية الحوائط لا تنكماش ولا تنتج غباراً ، ومقاومة للحريق . وبعد حرق المعدن يستعمل كمادة مقاومة للصهر (refractory) في الصناعات المي탈يرجية .

يبلغ الإنتاج العالمي حوالي ١٢ مليون طن ، يأتي معظمه من الاتحاد السوفيتي ومنشوريا . وتوجد ثلاثة أنواع من رواسب المجنيزيت .

١ - نواتج إحلالية (replacement) حيث يدخل عنصر المغنسيوم في صخور الدولوميت أو الحجر الجيري .

٢ - عروق (veins) أو شبكة عريقات (stockwork) مصاحبة عادة للصخور فوق القاعدية المتحولة إلى سربنتينيت (serpentinite) وهذه إما أن تكون بلورية أو غير بلورية .

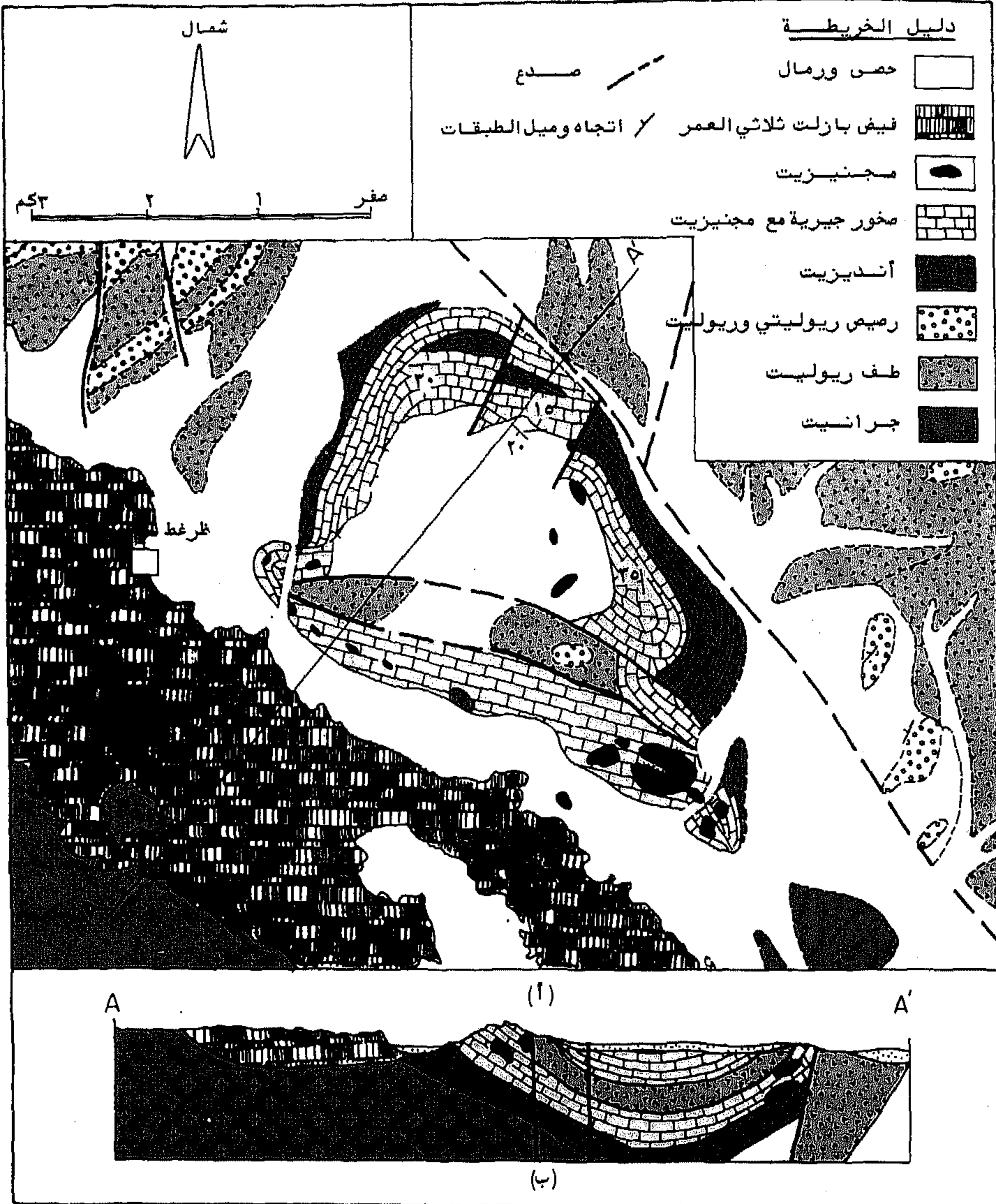
٣ - طبقات رسوبية (true sedimentary beds) - نادرة ، ومن أمثلتها رواسب نيفادا في الولايات المتحدة . وهي عادة ما تتكون في أحواض مقفلة مع المتبخرات (evaporites) أو في ظروف السبخة .

المجنيزيت في المملكة العربية السعودية

يوجد المجنيزيت في منطقتين رئيسيتين (شكل ٥١) وهما :

١) ظر غط Zarghat

تقع على بعد ٥٧٠ كم شمال شرق جدة ، على خط عرض ٢٦°٣١ شمالاً وخط طول ٤٠°٣٥ شرقاً . وتتبع الصخور الحاوية على المجنيزيت في هذه المنطقة مجموعة



شكل (٥٢) أ - خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في منطقة ظرف غط . معدلة من Delfour (1970) .

ب - قطاع جيولوجي تخطيطي عبر المتكون الحاوي لتمعدن المجنيزيت .

جبله (Jibalah group) الموجودة عادة كأحواض ترسيبية صغيرة في صخور الدرع العربي . وتغطي الحرات البازلتية من عصر الثلاثي والرابعي أجزاء من هذه المنطقة (شكل ٥٢) (Brosset 1970) .

يوجد المجنيزيت على هيئة طبقات عدسية متبادلة مع دولوميت وحجر جيرى ، تكون الجزء الأعلى من تتابع مطوي ومتأثر بالصدوع من الكونجلومريت والطف الأنديزيتي ، والحجر الرملي الناعم ، وحجر جيرى دولوميتي ، وهذه الصخور تكون تلالاً صغيرة لا ترتفع لأكثر من ١٦ م عن السهل المحيط بها .

تقدر كمية الخام الموجود بحوالي ستة ملايين طن ، ويعتبر الخام من النوع الجيد الذي يفوق محتواه من أكسيد المغنسيوم (MgO) نسبة ٨٠٪ (Delfour 1970) و (Brosset 1970) .

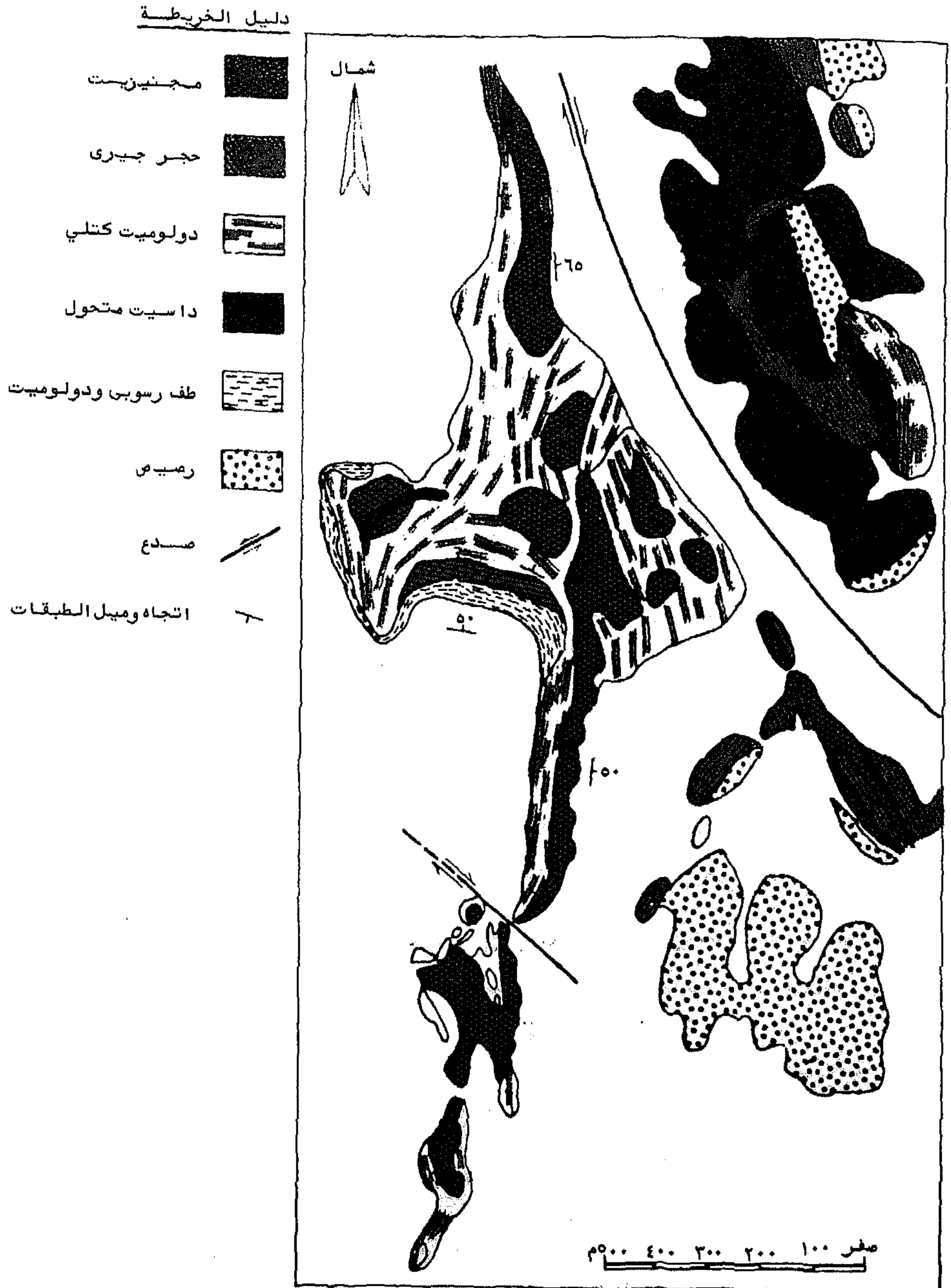
٢) جبل الرخام Jabal Ar-Rokham

يقع في خط عرض ٢٣°٥٠ شمالاً وخط طول ٤١°١٩ شرقاً ، وعلى بعد حوالي ٦٠ كم شمال شرق قرية مهد الذهب .

يوجد المجنيزيت في موقعين يرتفع أحدهما إلى حوالي ١٠٠ متر فوق السهل المحيط . ويبلغ سمك طبقة المجنيزيت في الموقع الشمالي ، حوالي ١٠٠ متر وتأخذ طبقته اتجاه شمال جنوب وتميل للشرق بحوالي ٥٠° . أما في الموقع الجنوبي فيكون المجنيزيت جسماً رفيعاً رأسياً يميل ميلاً شبه رأسي إلى الشرق .

وتحيط برواسب المجنيزيت رسوبيات الحجر الجيري الدولوميتي البني ، أو الدولوميت الأزرق أو الرمادي . وهذه تعلو صخوراً رسوبية متحولة من الشست والإردواز ، والكوارتزيت ، والجرايواكي (شكل ٥٣) . وجسم المجنيزيت في الجزء الجنوبي أبيض اللون غالباً ، ولكن الألوان الرمادية والوردية موجودة أيضاً ، وهو هنا غير بلوري ، ولكنه خشن الحبيبات في بعض الأحيان خاصة عندما يصاحبه الكالسيت في عريقات دقيقة . ويوجد بجسم المجنيزيت أحياناً بعض التلك والكلوريت والسربنتين وكذلك بعض العدسات من الدولوميت الأحمر أو البني (Bokhari 1979) .

يعتقد بأن المجنيزيت هنا ، قد تكون بطريقة الإحلال التفاضلي (differential replacement) لصخور الدولوميت . ودلت الدراسات التفصيلية



شكل (٥٣) خريطة جيولوجية لتمعدن المجنيزيت في جبل رخام . معدلة من (Bokhari 1979) .

وأعمال الحفر الماسي في المنطقة على وجود السمك والرتب المثبتة الآتية في المنطقة :

بئر رقم (١) : ٣٠ متراً من خام يحتوي MgO %٤٥ ، SiO_2 %١٧ ، CaO %١,٢

CaO

بئر رقم (٢) : ١٥ متراً من خام يحتوي MgO %٤٢,٨ ، SiO_2 %٢,٢ ، CaO %٢,٥ .

بئر رقم (٣) : ٥١ متراً من خام يحتوي MgO %٤٥ ، SiO_2 %٢,٢ ، CaO %٢,٤

CaO .

بئر رقم (٤) : ١٨ متراً من خام يحتوي MgO %٤٣,٧ ، SiO_2 %٤,٧ ، CaO %١,٨

CaO .

ولا تكفي بيانات الحفر هذه لتقييم الراسب تقييماً دقيقاً، لكن انخفاض رتبة المجنيزيت هنا (مقارنة براسب ظرغط) لم تشجع على استكمال أعمال الحفر والتقييم تحت الظروف السائدة (Macleane and Khalek 1962) .

هذا وأمكن تقدير الاحتياطي التقريبي بعد ذلك بـ ٧ ملايين طن تحتوي على نسبة MgO %٤٥ - ٤٠ (Conreux 1969) .

الفصل الخامس

المعادن والمواد الصناعية

Industrial Minerals and Materials

■ الأسبستوس ■ رمل الزجاج ■ الميكا ■ التلك ■ الباريت
■ البنتونيت.

الأسبستوس Asbestos

اسم تجاري يطلق على المعادن السيليكاتية الليفية (fibrous) التي يمكن فصلها إلى ألياف ذات مرونة وقوة شد تسمح باستخدامها في أغراض متعددة، تتوقف على قابلية الألياف للغزل، فالألياف القابلة للغزل تستخدم في صناعة خيوط تنسج إلى نوعيات من الأقمشة لتبطين مكابح السيارات، وأقراص أجهزة غيار السرعة. بالإضافة إلى الملابس غير القابلة للحريق، وستائر المسرح، ومئات الاستخدامات الأخرى. أما النوعية ذات الألياف الأقصر والأقل مرونة وغير القابلة للغزل، فتستخدم في صناعة موانع التسرب، وتبطين الأفران، وصناعة ألواح الأسمنت المدعم بالأسبستوس، والعوازل الكهربائية، واستخدامات عديدة غير ذلك.

وتحت الاسم أسبستوس يدرج العديد من المعادن، تقسم إلى مجموعتين :
أسبستوس سربنتيني (serpentine asbestos) ويمثله المعدن (chrysotile)، وأسبستوس أمفيبولي (amphibole asbestos) ويمثل الأنثوفيليت (anthophyllite) والكروسيدوليت (crocidolite) والأموزيت (amosite) والتريموليت (trimolite) والأكتينوليت (actinolite).

والكريزوتيل هو أهم الأنواع وأكثرها استخداما، حيث إن أليافه دقيقة وحريرية

بالإضافة إلى قوتها وسهولة غزلها ونسجها، ويمكن أن تتحمل درجة حرارة تزيد على ٢٥٠٠ درجة مئوية. ويمثل الكريزوتيل أكثر من ٩٠٪ من الأسبستوس المستخدم في الصناعة.

يتكون الكريزوتيل في صخور السربنتين الناتجة عن تحول الصخور فوق القاعدية (٩٣٪ من إنتاج العالم من الكريزوتيل) أو عن التحول الحراري لصخور الدولوميت (٧٪).

والأسبستوس من أخطر المواد التي تعامل معها الإنسان إذ إنه سبب مؤكد لسرطان الرئة، ومن هنا تتخذ الاحتياطات اللازمة عند التعامل معه.

الأسبستوس في المملكة العربية السعودية

سجل وجود أسبستوس الكريزوتيل في جميع أجسام الصخور فوق القاعدية التي تحولت إلى سربنتين، ولكن وجوده يكون دائماً كميات قليلة وبنوعية تختلف من موقع لآخر. وأهم أماكن وجود الأسبستوس (كريزوتيل غالباً) في المملكة هي:

١) تثليث - حمضة Tathlith-Hamdah

وتقع بين خطي عرض ١٨°٣٠'، ١٩° شمالاً وخطي طول ٤٣°٣٠' و ٤٤° شرقاً (شكل ٥١) يوجد في هذه المنطقة العديد من أجسام الصخور فوق القاعدية التي تحول بعضها إلى سربنتين، خاصة بالقرب من حدود التماس مع قواطع ومحقونات الجرانوديوريت.

توجد معادن الأسبستوس (كريزوتيل في الهجيرة وأنثوفيليت في حمضة) على هيئة عروق وشبكة عريقات غير محدودة الاتجاه في كتل السربنتين. وفي كل المواقع التي تمت دراستها بالمنطقة، وجد أن الأهمية الاقتصادية معدومة تقريباً، ربما لأن عملية تحول الصخور فوق القاعدية إلى سربنتين لم تكن كاملة.

٢) العيس (جبل الوسق) Al-Ays (Jabal Al-Wasq)

وتقع على خط عرض ١٨°٢٥' شمالاً وخط طول ٣٧°٥٨' شرقاً (شكل ٥١) حيث توجد الصخور المتحولة إلى سربنتين في هذه المنطقة وفيها حددت خمسة مواقع لوجود الكريزوتيل، والألياف ذات اتجاه محدد أو على هيئة جيوب صغيرة،

وتبلغ نسبتها في الصخر ما بين ٢ : ٣٪ وأفضل المناطق هي الموجودة على الحد الجنوبي لكتلة تعرف باسم جبل خشم نعبون، ويبلغ مساحتها حوالي ٦٠٠ متر مربع وبعمق ٥٠ متراً، وتحتوي على حوالي ٣٪ من الكريزوتيل، وهي كمية أقل كثيراً من أن تشكل راسباً اقتصادياً.

وبالإضافة، وجد الكريزوتيل بكميات ضئيلة في :

■ جبل راوّه (٢٨°١٠ شمالاً، ٣٥°١٥ شرقاً) : بعض عروق الكريزوتيل، قد يصل عرضها إلى ١ سم في قاطع من السربنتينيت.

■ وادي خمال (كمال) (٢٤°١٨ شمالاً، ٣٥°٥٧ شرقاً) : دونيت متحول إلى سربنتينيت به كميات ضئيلة من الكريزوتيل سيء النوعية.

■ بير عُمق (٢٣°٥٨ شمالاً، ٤١°٥٤ شرقاً) : آثار من الكريزوتيل في صخور السربنتينيت.

■ جبل غُرب (٢٣°٢٥ شمالاً، ٤١°٥٤ شرقاً) : آثار من الكريزوتيل في صخور السربنتينيت.

■ مصينة (طلوحة) (٢٥°٣٠ - ٢٥°٥٥ شمالاً، ٤٠°٥٠ - ٤٠°٥٥ شرقاً) : عروق من الكريزوتيل في بريدوتيت وسربنتينيت، الألياف قصيرة ورغم تقارب العريقات إلا أن الكمية محدودة للغاية حيث إن كتلة السربنتينيت نفسها تبلغ ١٠٠ × ٥٠ متراً فقط.

■ جبل بَثْران (٢٣°٣٠ شمالاً، ٤٥°٧ شرقاً) في منطقة إدساس - وادي الجفر : عروق صغيرة من الكريزوتيل في عديد من كتل السربنتينيت الصغيرة، وتكرارية العروق بسيطة وبالتالي فالموقع غير مهم اقتصادياً.

■ جبل تيس (٢٣°٧ شمالاً، ٤٤°٥٨ شرقاً) : عريقات من الكريزوتيل الذي يقل طول أليافه عن ١ مم في كتلة السربنتينيت لجبل تيس.

وتعتبر المراجع الآتية أهم المراجع لتمعدن الأسبستس في المملكة (Kemp 1977 و Sigrist 1968 و Dadet 1967 و Henry and Lefevre 1967).

رمل الزجاج (Glass Sands (SiO₂)

يصنع الزجاج من الرمل السيليسي مع إضافة كميات قليلة من الصودا والجير والمواد الأخرى. والرمال الصالحة لصناعة الزجاج تحتوي على ٩٥٪ سيليكاً على الأقل، لكن الشوائب الموجودة معها هي المهمة إذ إنها تحكم نوعية الزجاج الناتج، فالألومنيوم يجب ألا يزيد عن ٤٪ أو ١،٠٪ بالنسبة للزجاج البصري (optical glass) وأكاسيد الحديد تعطي الزجاج ألواناً خضراء وصفراء، وأكاسيد المنجنيز تعطي ألواناً بنفسجية. كما يجب أن تكون الحبيبات متساوية الحجم وكلها في مدى المناخل (٢٠ - و ١٠٠). ورمل الزجاج موجود في دول كثيرة، وتنتج الولايات المتحدة حوالي ١٠ مليون طن منه سنوياً.

رمل الزجاج في المملكة العربية السعودية

وجد رمل الزجاج في المملكة في مناطق غرب تبوك، والجوف، وغرب بريدة، وجبل البرمة، وجبل الروافة، وحقل روض، وجبل بتره (وادي رتامة) وحررات النهامية ومنطقة الدغم والجبل. وقد تكون منطقة الدغم هي أهم هذه المناطق.

١) الدغم Ad Dughm

تقع رواسب الرمل الزجاجي بالدغم على مسافة حوالي ٤٥ كم إلى الشرق جنوب شرق من مدينة الرياض (شكل ٥١)، ويوجد الرمل الزجاجي في الجزء القاعدي من متكون البياض التابع للكريتاسي الأسفل، والذي يتكون من حجر رملي نقي مع بعض التداخلات من حجر الحديد وحجر الغرين المختلف الألوان. تتجه طبقات المتكون في اتجاه الشمال الغربي وتميل ميلاً طفيفاً بزاوية من ١ - ٣° باتجاه الشمال الشرقي ويرجع أصل الرمل الزجاجي إلى رواسب نهريّة قديمة حملت من صخور الدرع العربي المنكشفة إلى الغرب من المنطقة.

توجد بالمنطقة طبقتان من الرمل الزجاجي: السفلي متوسطة حجم الحبيبات، والعلوي دقيقة الحبيبات، وتتداخل الطبقتان إحداهما في الأخرى تدريجاً، ويبلغ مجموع سمكها أكثر من ٥ م، ويغطيها غطاء من الرمل والصلصال المفكك لا يزيد سمكه عن المترين مما يسهل عملية الاستخراج. ويتكون رمل الزجاج من حبيبات

الكوارتز الشفافة ، عديمة اللون زاوية (angular) ، مع وجود بعض الجبس والكالسيت كمادة لاحمة ، ونادرا ما يوجد الليمونيت بين مواد اللحام . وأثبتت التحاليل الكيميائية أن الرمل بالمنطقة يحتوي على SiO_2 ٩٩,٣٪ و ٠,٢١٪ حديد وبذا ثبتت صلاحيته لإنتاج الأوعية الزجاجية .

قدرت الاحتياطيات بالمنطقة بما يساوي ٢٠٠,٠٠٠ طن لكل ثلاثة أمتار من العمق ومن المتوقع أن يصل مجموع احتياطيات المنطقة إلى عدة ملايين من الأطنان . (Bhutta 1966) .

الميكـا Mica

هي مجموعة من المعادن تمتاز بوجود انفصام (cleavage) شديد يُسهّل انفصالها إلى شرائح متناهية الرقة ، وكلها سيليكات ألومنيوم مائية ، مع كميات من الحديد والبوتاسيوم والصوديوم أو الليثيوم وبعض الكاتيونات الأخرى ، تختلف من معدن لآخر داخل المجموعة . والكمية المطلوبة سنويا من الميكـا قليلة ، إلا أنها أساسية في الصناعات الكهربائية ، ولا يمكن استبدالها بمواد أخرى تؤدي نفس الأغراض المطلوبة .

ومعادن مجموعة الميكـا الأساسية في الصناعة هي :

اسم المعدن	الاسم التجاري	المكونات الأساسية بالإضافة إلى (Si,Al)
مسكوفيت Muscovite	الميكـا البيضاء	البوتاسيوم
فلوجوبيت phlogopite	الميكـا الكهربائية	مغنسيوم وبوتاسيوم
بيوتيت biotite	الميكـا السوداء	مغنسيوم وحديد وبوتاسيوم
فرميكوليت vermiculite	جيفرسيت	مغنسيوم وحديد وبوتاسيوم
ليدوليت lepidolite	ميكـا الليثيوم	ليثيوم وحديد وبوتاسيوم وفلور
زينوالديت zinnwaldite	ميكـا الليثيوم والحديد	ليثيوم وحديد وبوتاسيوم وفلور
روزكوليت roscoelite	ميكـا الفاناديوم	فاناديوم ومغنسيوم وحديد
فوكسيت fuchsite	ميكـا الكروم	كروم

والمعادن الثلاثة الأولى هي التي تستخدم فقط صناعيا كميكـا ، في حين تستخدم ميكـا الليثيوم وميكـا الفاناديوم كمصادر لهذه الفلزات ، ويعتبر الفرميكوليت بكثرة في

أغراض عزل الصوت والعزل الحراري .

والاستخدام الأساسي للميكا هو في عمليات العزل الكهربائي في الصناعات الإلكترونية (المكثفات ، الصمامات) كما تستخدم الألواح الكبيرة منها في صناعة النوافذ الحرارية .

وهناك جزء كبير من الميكا المنتجة في العالم - الهند والبرازيل وكندا والملاياشي (مدغشقر) - تستعمل كإضافات لورق الجدران ، وصناعة البويات ، وإضافات في صناعة المطاط وغيرها .

وينتج المسكوفيت من صخور البجماتيت الجرانيتية التركيب ، والفلو جوبيت من بعض البجماتيت الخالية من الكوارتز في كندا ، وتوجد ميكا الليثيوم مصاحبة لرواسب القصدير في نطاقات الجريزن لبعض الأجسام الجرانيتية ، أما الروزكوليت فتوجد بصحبة رواسب اليورانيوم - فاناديوم في كولورادو .

الميكا في المملكة العربية السعودية

لم يعثر على نوعيات ممتازة من الميكا (مسكوفيت) إلا في القليل من قواطع البجماتيت كما في تلك الموجودة إلى الشمال من خميس مشيط ، وفي جنوب غرب جبل المنعة بمنطقة أبها - بيشة والموجودة إلى الجنوب من وادي قديد (البريكة) .

وتوجد كميات محدودة من الزينوألديت مصاحبة لمناطق التحول إلى جريزن في الجرانيت ، مصاحبة لرواسب القصدير ، إلا أن أهمية المواقع كلها مازالت موضع دراسة .

التلك $\text{Talc} [\text{Mg Si}_4\text{O}_{10} (\text{OH})_2]$

الترك هو أقل المعادن صلابة ، وتجارياً يطلق اسم تلك على النوعية النقية ذات الصلابة المنخفضة ، أما اسم استياتيت (steatite) فيطلق على النوعية الكتلية المتماسكة ، وحجر الصابون (soapstone) على النوعية غير النقية التي يوجد بها الترك مع بعض الشوائب من التريموليت والكربونات وغيرها .

ويستخدم الترك في صناعة الخزف والصيني والبويات ومواد التجميل وفي صناعات الورق والمطاط والصابون والمبيدات الحشرية وعشرات من الاستخدامات

الأخرى بفضل نعومتها وملامستها وانخفاض صلابتها .

ويبلغ الإنتاج العالمي من التلك حوالي ٧ مليون طن ، يأتي معظمه من الولايات المتحدة ، وكوريا ، وفرنسا ، وإيطاليا ، واليابان ، وكندا ، والاتحاد السوفياتي ، ويوجد التلك على هيئة عدسات في صخور الدولوميت المتحولة أو صخور الشست أو على هيئة أجسام كبيرة في الصخور فوق القاعدية المتحولة بفعل المحاليل الحرمائية ، والمصدر الأول هو الأهم نظرا لنقاء التلك الناتج وخلوه من معادن الأسبتوس الخطرة على الصحة .

الترك في المملكة العربية السعودية

لم يسجل وجود أي رواسب هامة للترك ناتجة عن تحول صخور الدولوميت بالمملكة حتى الآن - وهي النوعية المفضلة من الترك ، إلا أنه وجدت بعض رواسب الترك المحدودة الكمية والرديئة النوعية بصحبة بعض أجسام الصخور فوق القاعدية المتحولة إلى سربنتين وأهمها هي (شكل ٥١) :

● وادي خُمال : مصاحباً للشست الكلوريتي الموجود في السربنتين حوالي ٣٠ كيلو متراً شمال غرب مدينة ينبع البحر .

● وادي مريخات ٢٠٠٠ كيلو متراً شمال مدينة أملج : مصاحباً لصخر السربنتين من حزام جبل الوصق الأفيوليتي في منطقة نبط .

● بئر عمق - للشرق من بئر عمق : يوجد بعض أنطقة التمزق في السربنتين والتي يصاحبها ترك .

● جبل ملحيجة : في السربنتين التابع لحزام طلوحه الأفيوليتي .

● منجم الآمار : في الدولوميت ، اكتشف أثناء الحفر التجريبي تحت السطحي .

● جبل فرسان : شست الترك في مواقع حول طبقات الدولوميت والرخام في جبل فرسان .

● محجر الترك بوادي الأحد بمنطقة أبها - بيشة .

● محجر السند بمنطقة الملاحة بنجران .

الباريت (Ba SO₄) Barite

يمتاز الباريث بثباته الكيميائي وعدم دخوله في تفاعلات بالإضافة إلى كثافته النوعية العالية مما جعل ٨٠٪ من الإنتاج العالمي منه يستعمل في تجهيز طينة حفر آبار البترول (لتشحيم العمود والدوار وتبريد المثقاب وقفل الشقوق من جدران البئر ورفع القطع الصخرية المحفورة وحبس الزيت والغاز في الأعماق).

وبالإضافة إلى هذا ، يستخدم الباريث في تجهيز نوعية ممتازة من الدهانات (مخلوطاً مع التيتانيا أو كبريتيد الزنك) وكمادة مالئة في صناعة المطاط والزجاج والبلاستيك ومشمع الأرضيات ولتغطية أوراق اللعب كما تستخرج منه كيميائيات الباريوم للأغراض الطبية والصناعية وغيرها .

ينتج العالم حوالي ٨ مليون طن من الباريث يأتي معظمها من الولايات المتحدة والمانيا وبريطانيا وكندا وغيرها .

ويوجد الباريث في الطبيعة على هيئة :

١ - رواسب حشو في العروق والكهوف (fissure and cavity-fillings) مثل رواسب الباريث في كاليفورنيا وفي ألمانيا وفي أم جراد (رابغ) بالمملكة العربية السعودية .

٢ - مادة لاحمة للبريشيا (breccia cement and fillings) مثل الموجودة في نوفاسكوشيا بكندا .

٣ - رواسب طباقية (bedded deposits) مثل الموجودة في كاليفورنيا وأركانسس بالولايات المتحدة .

٤ - رواسب متخلفة (residual deposits) مشتقة من الأنواع الثلاثة السابقة ومن أمثلتها رواسب ميزوري وجورجيا بالولايات المتحدة .

كما يوجد الباريث كمعدن غث مصاحب لكثير من رواسب الكبريتيدات ، خاصة رواسب الرصاص والزنك (كوروكو وميسيسيبي) (Brobst and Pratt 1973) .

الباريت في المملكة العربية السعودية

وجد البارييت في عروق مصاحبة لرواسب الكبريتيدات في وادي أظلم بمنطقة ينبع ، وفي عروق قاطعة لريوليت مجموعة شمر البركانية ، كما وجد في بركانيات مجموعة الحليفة في وادي شعيلة ، حيث يُكوّن البارييت أكثر من ٦٠٪ من حجم العرق المتمعدن . وسجلت أماكن عديدة لوجوده بصحبة تمعدن الزنك والفلوريت في العقيق بمنطقة وادي بيده - الباحة ، ومع المنجنيز في منطقة الخنيقية ومواقع أخرى متعددة في الدرع العربي مصاحباً لمعادن الزنك والنحاس والرصاص .

وعلى الرغم من عدم وجود قيمة اقتصادية لهذه الرواسب في الوقت الحاضر فمن المحتمل أن يستفاد منها كنواتج جانبية إذا ما عُدّنت رواسب الكبريتيدات يوماً ما (Lhegu 1981) .

كما يوجد البارييت في مواقع متعددة في صخور الجبس أو الصخور المرجانية الجيرية لعصر الميوسين على ساحل البحر الأحمر على شكل طبقة لا تتعدى ستمترات معدودة أو في عروق رفيعة قاطعة لهذه الطبقات . يصاحب هذا التمعدن في العادة قليل من البيريت والسفاليريت والجالينا والكلكوبيريت .

وهذا النوع من البارييت في وادي أظلم وفي جبل ظيلان ومواقع أخرى في متكون رغامة على ساحل البحر الأحمر .

(١) أم جراد (رابغ) Um Jerad (Rabigh)

من أهم خامات البارييت في المملكة ، هي تلك الموجودة في رابغ وتعرف بمنطقة أم جراد ، وتقع إلى الشمال الشرقي من مدينة رابغ على بعد حوالي عشرين كيلو متراً .

ترسب خام البارييت في منطقة أم جراد في التشققات والصدوع التي صاحبت تكوين البحر الأحمر ، في الصخور البركانية والجوفية النارية التابعة لعصر ما قبل الكامبري . وتمتد منطقة تمعدن البارييت إلى مسافة ١٣ كم باتجاه شمال جنوب وبعرض ٣ كم . وتوجد بها عروق البارييت التي تضرب باتجاه شمال جنوب في معظم الأحيان (شكل ٥٤) . والعروق في معظمها رفيعة ورأسية تقريباً (شكل ٥٥) . ويتراوح لون البارييت ما بين الأبيض والرمادي والوردي ، ويحتوي على شوائب من أكاسيد الحديد

أو السيليكا . وتتميز عروق الباريت هنا بوجود نطاق وسطي من السيليكا الغروية بُني اللون لوفرة أكاسيد الحديد والمنجنيز فيه . ويصلح خام الباريت في رابغ للاستخدام في طين الحفر لقلّة وجود الخام الأبيض الصافي فيه . وتقدر كمية احتياطي الخام في هذه المنطقة بمائة ألف طن حتى عمق ٣٠ متراً تحت سطح الأرض . ومن المعتقد أن رواسب الباريت قد تكونت من أصل بيولوجي مع محاليل سطحية تخللت رسوبيات العصر السينوزوي ، ثم ترسبت في الشقوق والصدوع الموجودة في صخور ما قبل الكامبري (Al Shanti 1970) .

هذا ومن المحتمل أن يبدأ تعدين الباريت من موقع أم جراد عن طريق شركة وطنية تقدمت لاستغلاله حديثاً .

البتونيت Bentonite

البتونيت صلصال يتكون بصفة رئيسية من معدن الطين مونتموريلونيت (montmorillonite) مع بعض الشوائب من معادن الصخور النارية ، ويحتوي على ٥-١٠٪ قلويات وحوالي ٣٪ حديد .

وهناك نوعان من البتونيت :

● **النوع الصودي** : وهو النوع الذي ينتفخ ويزداد حجمه من ١٥-٢٠ مرة عندما يضاف إليه الماء ويظل معلقاً .

● **النوع الكلسي** : وهذا لا ينتفخ ولا يزداد حجمه عند إضافة الماء .

ويستخدم النوع الأول بصفة رئيسية في تجهيز طينة الحفر في آبار البترول وغيرها ، كما تستعمل كميات أقل في مواد التجميل والصناعات الدوائية وفي مواد منع التسرب .

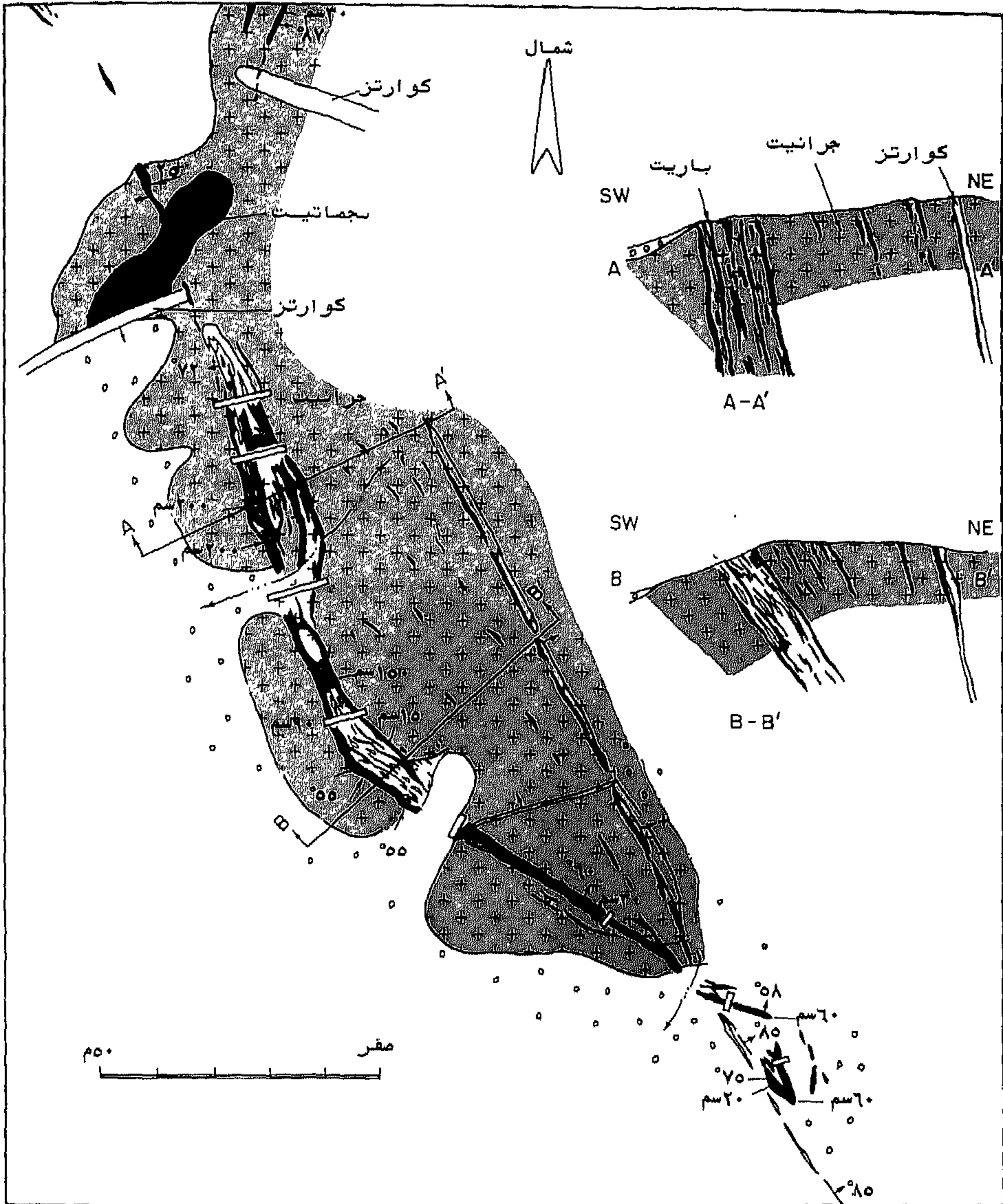
البتونيت في المملكة العربية السعودية

سبق الحديث عن وجود البتونيت في المملكة وذلك في عرض معادن الطين . وبصفة عامة ، توجد رواسب البتونيت في أماكن عدة من أهمها :

● **راسب خليص وراسب عسفان** في منطقة جدة (Spencer and Vincent 1984) ،



شكل (٥٤) خريطة جيولوجية عامة لتمعدن البارييت في منطقة أم جراد (رابع). معدلة من Al Shanti (1970)



شكل (٥٥) خريطة جيولوجية مفصلة لأحد عروق الباريات المركبة مع قطاعين تخطيطيين في العرق .
لاحظ تمعدن الباريات في الشقوق والصدوع . معدلة من (Al Shanti 1970) .

ويتميز راسب بنتونيت خليص باحتوائه على معدن السمكتيت (smectite) .
توجد طبقة من هذا الراسب بسماك خمسة أمتار وباحتياطي يصل إلى ٣ مليون طن
تقريباً . وقد أجرى اختبار هذا الراسب لاستعمالات هندسية أثبتت جدواها إلى حد
كبير . ولكنه يحتاج إلى معالجة لاستخدامه لأغراض الحفر (Spencer 1986) .

● راسب حليفة ومشاش الويلية في صخور الغطاء الرسوبي إلى الشمال
الشرقي من الدرع العربي .

الفصل السّاوي

مبادئ الصّناعات الكيمائية

Chemical Minerals

■ الهاليت (ملح الطعام) ■ أملاح البوتاسيوم ■ الكبريت ■ الفوسفات

وهي مجموعة المعادن اللافلزية التي تستخدم في الصناعات الكيمائية، إما على الصورة المستخرجة بها أو بعد تجهيزها، كما يستعمل بعضها لاستخراج بعض المكونات الكيمائية الرئيسة (كاستخدام الهاليت في تحضير الصودا الكاوية).

الهاليت (ملح الطعام) Halite , NaCl

هو أكثر المعادن ألفة بالنسبة للإنسان، إذ بدأ الإنسان استخراجه مع فجر حضارته، ويستهلك كل إنسان حوالي ٥ كيلو جرامات منه في العام الواحد. وبالإضافة إلى استعماله في الطعام، يستخدم الهاليت في الأغراض الرئيسة الآتية:

● مادة خام لصناعة الكيماويات والأحماض (الصودا الكاوية - بيكربونات الصوديوم - حمض الهيدروكلوريك).

● مادة كيمائية في تجهيز:

○ صناعة الصابون ، الأصباغ ، دباغة الجلود ، حفظ المواد الغذائية ، قصر ألوان القطن والخشب .

○ صناعة الخزف ، لمنع الانكماش وتجهيز المواد المزججة . صناعة التبريد وتجهيز الثلجات .

○ صناعة تكرير الزيوت .

● مادة لازمة للمشاريع الزراعية في تجهيز الأعلاف ، الأسمدة ، إزالة الحشائش ، مبيدات حشرية .

● معالجة التربة ومشاريع إنتاج الألبان .

● مادة لازمة في الطب والصناعات الدوائية ، العقاقير والأدوية ، المنظفات .

ويحصل على الملح تجارياً من خمسة مصادر هي :

١ - خامات رسوبية متطبقة (sedimentary bedded deposits) .

٢ - أجاجيات (brines) .

٣ - ماء البحر (sea water) .

٤ - رواسب البلايا (playa) السطحية .

٥ - قباب الملح (salt domes) .

تكونت طبقات الملح المتبادلة مع الطبقات الرسوبية الأخرى ، والطبقات المصاحبة لها من الجبس والأنهيدريت وأحياناً أملاح البوتاس ، وكذلك قباب الملح ، كنتيجة للعمليات التبخرية (evaporation) . أما رواسب البلايا فتنشأ عن جفاف البحيرات الملحية (salt lakes) .

الهاليت في المملكة العربية السعودية

بالإضافة إلى إمكانية الحصول على الملح من الملاحات الشمسية على طول سواحل البحر الأحمر والخليج العربي ، توجد رواسب الملح الصخري في تتابعات الأملاح التبخرية في بعض مناطق صخور الغطاء مثل محجر سبخة الملح (منطقة القصب) والكدان وسبخة جاب عويد (٢٦ كم إلى الغرب من الدمام) ، إلا أن أهم مناطق وجوده هي الآتية :

١) جيزان Jizan

في جنوب غرب المملكة ، يوجد الملح كعضو في تتابع إقليمي من الأملاح التبخرية التابعة للميوسين ، ويكون الملح ثاقبة (diapir) ، نشأت عن الحركات الأرضية

التي أدت إلى تحريك الملح إلى أعلى واختراقه للطبقات التالية التابعة للميوسين والرباعي ، وربما مازالت هذه الحركات مستمرة . وقدرت الاحتياطيات بحوالي ٣٠ مليون طن حتى عمق ٤٠ م تحتوي على ٩٦٪ NaCl ، واقترحت طريقة التعدين الذوباني (solution mining) ثم التبخير الشمسي للحصول على الملح .

٢) جزيرة فرسان Farasan Island

توجد رواسب الملح في جنوب جزيرة فرسان الكبير في البحر الأحمر (خط عرض ٢٦°٤٦ شمالاً وخط طول ٤٢°٢ شرقاً) (شكل ٥١) ، تحت طبقات من الصلصال الدياتومي وحجر الطين متبادلة مع الأنهدريت والحجر الجيري في تتابع من الأملاح التبخرية . والرواسب متأثرة بالحركات البنائية ومغطاة بالحجر الجيري الشعابي من البليستوسين والحديث .

ومن المقترح استغلال الراسب من خلال التعدين الذوباني ثم التبخير الشمسي (Mideast Industries Ltd. 1966) .

أملاح البوتاسيوم Potassium Salts

البوتاسيوم أحد العناصر الأساسية لتغذية النبات وزيادة إنتاجه ، لمواجهة الاحتياجات المتنامية لسكان العالم . لذا ، فإن حوالي ٩٥٪ من المركبات البوتاسيومية المستخرجة تستخدم في إنتاج الأسمدة .

وإنتاج العالم من البوتاسيوم يبلغ ٢٠ مليون طن ، يستغل جزء منها في صناعة المتفجرات ، والصابون ، والأصبغ ، والكيماويات الدوائية ، ويذهب الباقي لصناعة الأسمدة كما سبق القول .

وينتج البوتاسيوم من الرواسب التبخرية ، حيث توجد أملاح البوتاسيوم على هيئة طبقات يتراوح سمكها من سنتيمترات إلى ٢٤٠ م (كما في نيوميكسيكو) وتحتوي هذه الطبقات عادة على حوالي ٨٠٪ هاليت . ويستخرج البوتاسيوم بالإذابة ثم يفصل عن الهاليت وينقى .

البوتاسيوم في المملكة العربية السعودية

نظراً لصعوبة تكون أملاح البوتاسيوم التي تحتاج إلى ظروف بيئية ومناخية معينة

(حيث يشترط تمام جفاف الحوض الترسيبي الذي تمت فيه عملية التبخير) لذا فوجودها قليل بصفة عامة بين الأملاح التبخرية في المملكة . سُجل وجود أملاح البوتاسيوم في التبخرات المحتواة في صخور الغطاء الرسوبي في منطقة إثرة (قريات الملح) ومنطقة حزاوزة . ولكن أهم مناطق وجوده هي ما تم الكشف عنها حديثاً في جزيرة فرسان (شكل ٥١) ، حيث حفرت خمس آبار في قطاعات الأملاح التبخرية التابعة للميوسين بلغ إجمالي أطوالها ٢٢٤٨ م، وعثر في بعضها على أملاح البوتاسيوم والمغنسيوم متداخلة مع الملح الصخري، بالإضافة إلى وجود فواصل أو راقات من معادن البوتاسيوم والمغنسيوم، بشوفيت ($\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ bischofite) وكرناليت ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ carnallite) .

الكبريت (S) Sulphur

الكبريت من أكثر المعادن شيوعاً في صورته الطليقة، بالإضافة إلى وجوده في الكبريتيدات . والكبريت الطليق هو المعدن الأول له ، في حين يشكل البيريت (pyrite) الكبريتيد الوحيد الذي يُستخرج من أجل ما به من كبريت . بالإضافة إلى ذلك يُحصل على كميات كبيرة من الكبريت من الغازات الكبريتية الناتجة عن تكرير البترول، وصهر الخامات الكبريتية، ويمكن حصر المصادر التي يحصل منها على الكبريت فيما يلي :

- الكبريت الطليق في تتابعات الأملاح التبخرية .
- الغازات الكبريتية المصاحبة للغاز الطبيعي، أو الناتجة عن تكرير البترول .
- الرواسب الكتلية للبيريت والبروتيت .
- الكبريت الطليق المصاحب للغازات البركانية والترسب في شقوق وحواف الفوهات .
- الغازات الناتجة عن صهر الخامات الكبريتية لاستخلاص النحاس، أو الزنك، أو الرصاص، أو النيكل، أو الموليبدنم وغيرها .

واستعمالات الكبريت أكثر من أن تحصى، إذ يدخل هو ومركباته في صناعات كثيرة بالإضافة إلى استعمالاته في المجالات الزراعية المختلفة . فالأسمدة السائلة، والألياف الصناعية، والبلاستيك، والورق، والأصبغ، والدهانات، والمفرقات

والمنتجات البترولية، والمبيدات الحشرية، والكيماويات الدوائية، بعضٌ من مجالات استخدام الكبريت.

الكبريت في المملكة العربية السعودية

تكتفي المملكة تماماً بالكبريت الناتج من عمليات استخراج البترول وتكريره. أضف إلى ذلك أن هناك مناطق وجود للكبريت الطليق مصاحبا لتتابعات من الأنهدريت والجبس في وادي الكبريت (على خليج العقبة) وفي البدع ومقنا في إقليم مدين (في الشريط الرسوبي الساحلي) التابعة للميوسين وكذلك في منطقة الراكه جنوب القويعة في صخور الغطاء الباليوزوية.

كما أن هناك كميات كبيرة (حوالي ٥٠٠ مليون طن) من البيريت الكتلي، الموجودة في وادي وسط في منطقة نجران بجنوب المملكة (شكل ٥٦) والتي يمكن استخلاص الكبريت منها إذا ما دعت الحاجة.

الفوسفات (P) Phosphate

الفوسفات هو الصخر الحاوي لمعادن الفوسفات، غالبا في صورة معدن فوسفات الكالسيوم، أباتيت (apatite) $(Ca (PO_4)_3 Cl, F, OH)$ ، أو الصورة غير جيدة التبلور، كولوفين (collophane).

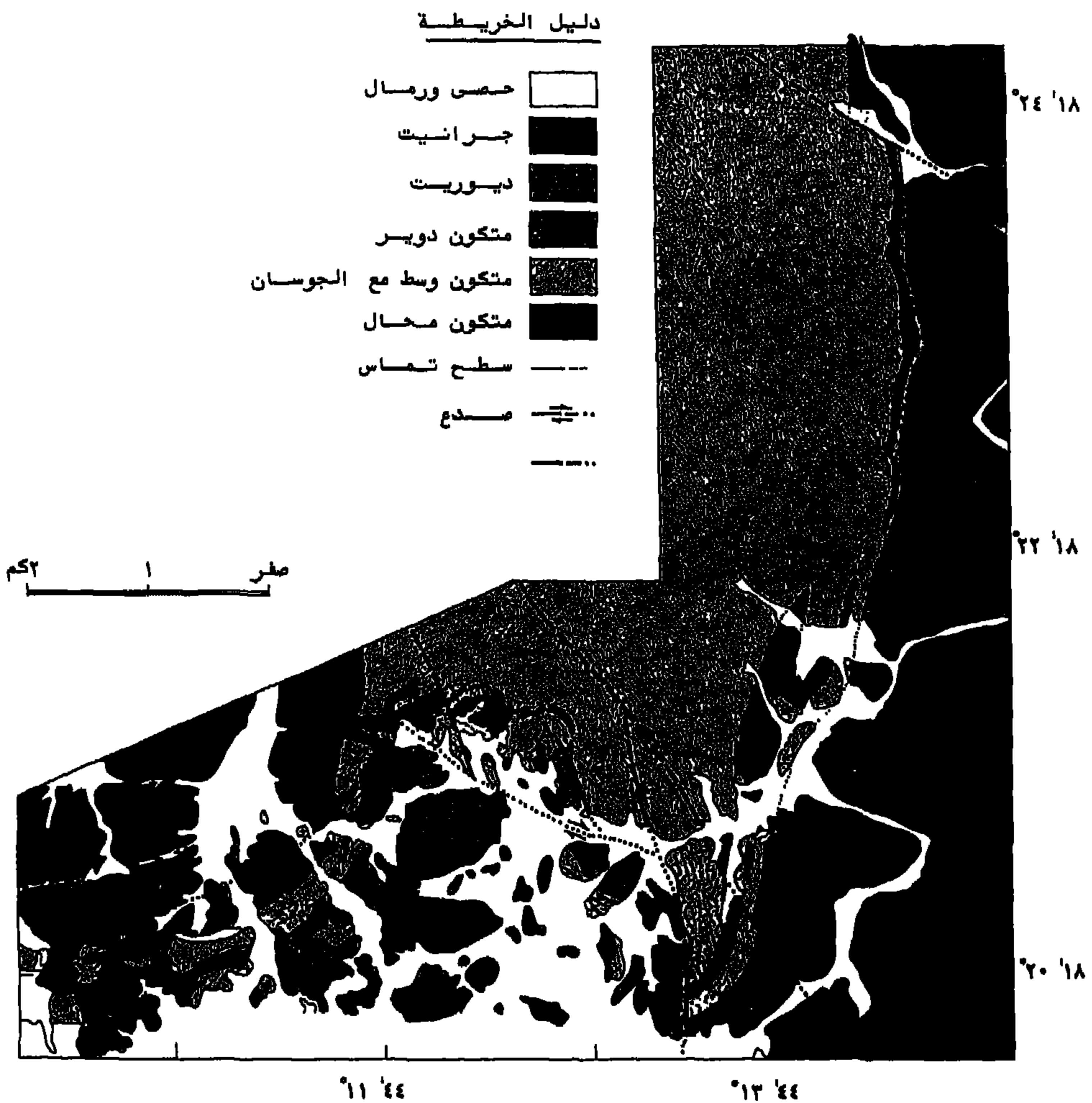
ويستخدم الصخر في العديد من الصناعات أهمها تحضير عنصر الفوسفور وحمض الفوسفوريك لاستخدامهما في الصناعات الميثاليرجية، والصناعات الحربية، والغذائية، والخزف، والنسيج، والثقاب. ويذهب معظم الفوسفات المستخرج إلى الأسمدة.

وتتراوح رواسب الفوسفات في عمرها من الكمبري وحتى البليستوسين، وتوجد على صورة طبقات رسوبية بحرية متجانسة تمتد لمئات أو آلاف الكيلو مترات المربعة، متطبقة مع غيرها من الصخور الرسوبية مثل الحجر الجيري والطباشير والطفال الغنية بالأحافير.

والفوسفات هو منتج التصدير الثاني في العالم العربي بعد البترول، حيث توجد رواسب هائلة منه في المغرب والجزائر ومصر والأردن، وبالإضافة توجد رواسب غنية

منه في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي ، لكن تظل المملكة المغربية هي المصدر الأول لصخر الفوسفات في العالم .

وتقدر قيمة الراسب دائما بما يحويه من P_2O_5 إذ يجب ألا تقل نسبته عن ٢٨,٢٪ ، لذا يحتاج الخام أحيانا لبعض المعالجة لرفع النسبة .



شكل (٥٦) خريطة جيولوجية عامة توضح مواقع تمعدن البيريت في وادي وسط . معدلة من Roberts et al. (1981)

وفي كثير من رواسب الفوسفات (في المغرب ومصر وغيرها) توجد كميات ضئيلة من العناصر الأرضية النادرة واليورانيوم في الخام قد يمكن الاستفادة منها أثناء تصنيع الخام إلى أسمدة أو حمض فوسفوريك .

الفوسفات في المملكة العربية السعودية

أهم رواسب الفوسفات في المملكة هي تلك المكتشفة حديثاً بحوض سرحان - طريف الترسيبي وهي ما نعرضها هنا بشيء من التفصيل نظراً لأهميتها واحتمالاتها الاقتصادية (Mytton 1966 و Sheldon 1965) .

توجد صخور الفوسفات البحرية الأصل في منطقة سرحان - طريف (Sirhan - Turayf) في الأجزاء الشمالية من المملكة، على مسافة ١٠٠٠ كم إلى الشمال من جدة حيث تمتد لمسافة ١٨٠ كم في إتجاه شمال جنوب وتتكون من ثلاث إلى ست طبقات يتراوح سمكها ما بين ٢ و ١٠ م يفصلها بعضها عن بعض طبقات من الحجر الجيري والصوان (شكل ٥٧) .

وهذا الحوض الترسيبي يتبع إقليم الفوسفات في حوض البحر الأبيض المتوسط الذي يمتد من المغرب حتى العراق .

جيولوجية منطقة سرحان - طريف

أقدم الصخور المعروفة في المنطقة هي الصخور الرملية من متكون تبوك (الأردوفيشي - الديفوني الأسفل)، والحجر الرملي والطفال والحجر الجيري التابعة لمتكون الجوف (الديفوني). ويغطي هذه الصخور الحجر الرملي من الكريتاسي الأعلى - في جنوب وغرب المنطقة، وكذلك الحجر الجيري الدولوميتي من الشرق والشمال التابع لمتكون عرومة (الكريتاسي الأعلى) (شكل ٥٧) .

وتغطي هذه كلها ثلاثة تتابعات صخرية جيرية هي متكونات الجلاميد (Al Ja-lamid)، والميرة (Al Mira)، وأم وعال (Um Wua'l) التي تكون مجموعة طريف والتي يمتد عمرها من المستريخي إلى الأيوسيني الأوسط. وتوجد أهم طبقات الفوسفات عند قاعدة كل من هذه المتكونات الثلاثة، وتعرف باسم الأعضاء: ثنيات (Thaniyat)، غينة (Ghinah)، وعرق (Argah) على التوالي .

وهناك مجموعة أحدث من الصخور تابعة للميوسين (مجموعة سرحان)، وصخور أحدث منها تشغل خسيف وادي السرحان (Wadi Sirhan graben)، وخسيف أم وعال (Um Wu'al graben). تغطي فيوض البازلت (من الثلاثي والرابعي) الجزء الأوسط من المنطقة، إلا أن عوامل التعرية قد كشفت بعض صخور مجموعة طريف الجيرية من خلال البازلت. أدت الصدوع في المنطقة إلى تكوين مجموعة من البنيات الخسيفية (grabens) مع إزاحة أفقية بسيطة لطبقات الفوسفات في معظم الحالات. كما يوجد بالمنطقة طية محدبة واسعة، تنحدر إلى الجنوب الشرقي وتقع إلى الشمال من الجلاميد وتعتبر جزءاً من قوس حائل المشهور، وهذه تسبب ميل طبقات الفوسفات في حدود نصف درجة في هذه المنطقة.

ويسود الاعتقاد بأن مجموعة طريف قد تكونت كنتيجة للترسيب البحري الدوري، الأمر الذي يعكس تتابعا للغمر والانحسار على فترات زمنية قصيرة، على رصيف مفتوح ضحل المياه (Riddler et. al 1983 , 1984).

وصف الفوسفات

لوحظ وجود أكثر من طبقة من طبقات الفوسفات في العضو الأسفل من كل من المكونات الثلاثة السابق ذكرها. والنوع السائد هو الفوسفات الملحوم بالمواد الجيرية. وهناك حوالي ١٥٪ من إجمالي الفوسفات على شكل رواسب دقيقة الحبيبات سهلة التفكك، ربما تكون قد نتجت عن تجويه الفوسفات وإذابة المادة الجيرية اللاحمة منه. وتشمل مكونات الفوسفات سرثيات (بطارخ) الأباتيت (apatite) المتجمعة حول نويات فتاتية من الكوارتز أو البقايا الحيوية، بالإضافة إلى أقراص فوسفاتية تمثل نواتج الإخراج، وكذلك حطام أصداف، وأسنان أسماك، ومواد طينية منقولة.

وتتكون الأرضية (matrix) عادة من الكالسيت، مع وجود الكوارتز، ومعادن الصلصال في بعض الأحيان، خاصة في الأجزاء الجنوبية الغربية من المنطقة في طبقات عضو الثنيات الفوسفاتي. وفي بعض المواقع يوجد الجبس على هيئة عروق قاطعة في الفوسفات المفكك قريباً من سطح الأرض (Kluyver et. al. 1981).

تقدير الاحتياطي والرتبة

تقدر كمية الفوسفات في المنطقة الجنوبية الغربية في عضو فوسفات ثنيات، وفي

مساحة ٥٠ كم^٢ بحوالي ١٦٥ مليون طن، بمتوسط رتبة ٥, ٢١٪ P_2O_5 ومتوسط سمك الطبقة ٣٥, ١ م، ونسبة الرديم : الخام، مرتفعة، في حدود ١٨ : ١. كما أثبتت الدراسات المتعمقة أن الخام قابل لرفع رتبته عن طريق التحميص (calcination) والطحن والتعويم إلى أكثر من ٣٢٪ P_2O_5 .

أما في منطقة أم وعال إلى الشمال الشرقي من طريف، فبلغت تقديرات الخام من عضو فوسفات عرقه (Argah) ٧٢٢ مليون طن بمعدل رتبة ١٨٪ P_2O_5 ومتوسط سمك ٤ م في مساحة ٧٨, ٥ كم^٢ وكانت نسبة الرديم : الخام ٥, ٢ : ١، وقد أمكن من خلال أبحاث تحسين المواصفات المبدئية رفع نسبة P_2O_5 إلى ٣٧٪ باستخدام التحميص والغسل والغريلة.

وفي منطقة الجلاميد، حيث يوجد الفوسفات في عضو فوسفات ثنيات الذي يمتد ليغطي مساحة ٣٠٠ كم^٢، يتراوح نطاق الفوسفات بين ١ و ٨ متر، ومحتواه بين ١٠ و ٢٧٪ P_2O_5 . وعلى ذلك يقدر وجود حوالي ١٠٠٠ مليون طن بالمنطقة بمتوسط سمك ٢ م وبرتبة P_2O_5 أعلى من ١٥٪ ونسبة رديم إلى خام مختلفة، لكن دائماً أقل من ١٠ : ١.

ويمكن تلخيص هذه البيانات في الجدول التالي :

المنطقة	الاحتياطي (مليون طن)	نسبة P_2O_5 المئوية	سمك الفوسفات بالمتر	نسبة الرديم : الخام
ثنيات (عضو ثنيات)	١٦٠ - ١٩٠	٢١ - ٢١,٥٪	١,٣٥ - ١,٦٥ م في مساحة ٥٠ كم ^٢	١٨ : ١
ويمكن بواسطة التحميص والغسل والغريلة رفع نسبة P_2O_5 إلى ٣٢,٥٪				
أم وعال (عضو عرقة)	٧٢٢	١٨٪	٤ متر في مساحة ٧٨ كم ^٢	٥, ٢ : ١ أقل من
ويمكن بواسطة التحميص والغسل والغريلة رفع نسبة P_2O_5 إلى ٣٧٪				
الجلاميد	١٠٠٠	١٠ - ٢٧٪ (متوسط ١٥٪)	١ - ٨ م (متوسط ٢ م) في مساحة ٣٠٠ كم ^٢	١٠ - ١ أقل من

وهناك بعض الاحتياطيات المنكشفة حول البازلت في عضو عرقة بمنطقة أم وعال والعمد (Van Eck et. al. 1984 و Berge and Jack 1982 و Meissner and Ankary 1972).

الفصل السابع

مواد الصقل والتلميع

Abrasives and Polishing Materials

■ المواد العالية الرتبة ■ المواد السيليكية ■ مواد الصقل والتلميع

تشتمل هذه المجموعة على عدد من المعادن والصخور مختلفة التركيب والتكوين، لكنها تتفق جميعها في صفة أساسية وهي الصلادة. وحاليا دخل المجال الكثير من المواد المصنعة، المعتمدة في أساسها على مواد معدنية طبيعية. وتقسم مواد الصقل والتلميع الطبيعية إلى ثلاثة أقسام:

● مواد عالية الرتبة وتشمل الماس (diamond)، والكورندم (corundum)، والإيمري (emery)، والجارنت (garnet).

● مواد سيليكية وتشمل صور السيليكا المتعددة.

● مواد الصقل والتلميع اللينة، وتشمل بعض أنواع الصلصال والطباشير.

● ويمكن تلخيص نوعيات هذه المواد وطرق تجهيزها واستخداماتها في الجدول

التالي:

المواد العالية الرتبة High-Grade Abrasives

المادة	شكل المادة	الاستعمالات
الماس	بلورات تراب	قطع وحفر وضبط الأقراص الدوارة محركات الطائرات ، قطع وصقل الأحجار الكريمة
كورندوم	أقراص ورق وقماش صنفرة	قطع الفلزات وصقل العدسات صقل وتلميع الفلزات والأخشاب القاسية والعدسات
إيمري	أقراص ورق قماش صنفرة	تشكيل الفلزات صقل الفلزات والأخشاب القاسية وتلميع الفلزات وتشكيل الزجاج
جارنت	ورق وقماش صنفرة تراب	الأخشاب القاسية والأسطح المصقولة صقل العدسات وتشكيل الزجاج

المواد السيليكية Siliceous Abrasives

المادة	شكل المادة	الاستعمالات
الحجر الرملي	حجر الجلخ	سن المنشار والسكين وغيرها من الحواف الفلزية
الصوان	حجر الجلخ بالزيت أقراص دوارة	شحذ الشفرات وغيرها من نواتج الفولاذ طحن الحبوب والبويات وغيرها
الرميل	حصى مطحونة حبيبات	طحن الخامات في وحدات التجهيز ورق صنفرة لصقل الأخشاب اللينة
النشف (اليوس)	ورق وقماش صنفرة كتل وقوالب	الصفق بالرميل وتنعيم الزجاج الخشب والفلزات
دياتوميت	حبيبات بودرة	إزالة البويات والورنيش . تنعيم الزجاج ومواد التنظيف تلميع الفلزات ومساحيق الأسنان

مواد الصقل والتلميع اللينة Soft Abrasives

المادة	شكل المادة	الاستعمالات
الصلصال	بودرة	تلميع الفلزات
الطباشير	بودرة	تلميع الفضة والفلزات الأخرى

مواد الصقل والتلميع في المملكة العربية السعودية

لم تستغل مواد الصقل والتلميع بالمملكة حتى الآن ، ولا يتوافر بها من المواد عالية الرتبة إلا الجارنت الموجود في منطقة جبل الحماط (شلاح) بإقليم الرين .

جبل حماط

يقع جبل حماط ضمن صخور مجموعة الامار في إقليم الرين . يوجد الجارنت ضمن طبقات الرخام (الإسكارن) المحيطة بالجبل حيث يتراوح سمكها ما بين ٢ و ١٠ أمتار . يُكوّن الجارنت طبقات رفيعة مع الكالسيت والولاستيت والتريبوليت تصل نسبته ما بين ١ و ١٥٪ من الصخر . ويقدر الاحتياطي الذي يمكن استخراجه حوالي ١٠٠,٠٠٠ طن، وبلورات يتراوح حجمها ما بين ٣,٠ و ١٠ سم . وهو من نوع جروسيلولاريت وأندراديت ، أما جودة الخام فلم تتم دراستها (Laurent 1993) .

ويوجد الجارنت كذلك في غرب حرة الجعلاني بمنطقة الدوادمي مصاحباً لبعض عروق البجماتيت القاطعة لها .

أما المواد السيليسية ومواد الصقل والتلميع اللينة فهي متوفرة في أماكن عديدة ، ويمكن استغلالها والاستفادة منها إذا ما دعت الحاجة إليها .

أحجار الزينة

Ornamental Stones

(Dimension Stones)

■ جرانيت يارا الرمادي ■ جرانيت ود (وج) الرمادي ■ جرانيت
الجموم الوردي ■ جرانيت النجوف القرمزي الوردي ■ جرانيت الحمرة
الوردي الرصاصي ■ جرانيت القزاز الأحمر البني ■ جرانيت بير عسكر
البني ■ جابرو النعيم الأسود ■ أنورثوزيت وادي خمال ■ حجر جبيري
الرياض ■ رخام فرسان الأبيض ■ رخام المدركة الرمادي الوردي ■
رخام فاطمة الرمادي البني ■ رخام تربة الوردي ■ رخام خانوقة الرمادي
■ رخام غزلان الرمادي ■ رخام الخوار الأسود.

يندرج تحت هذا الاسم الصخور والأحجار القابلة للقطع والصقل والتلميع
لتعطي منتجاً يمتاز بالجمال والقدرة على البقاء، ويعتبرها الكثيرون أهم ما يمكن إضافته
إلى المنشآت المعمارية لإكسابها التفرد والجمال.

وتقُطَع هذه الأحجار أو الصخور إلى كتل أو مسطحات ذات أبعاد معينة من
جميع جوانبها، وقد يترك السطح طبيعياً أو ينعم أو يصقل ويلمع. وتخضع صلاحية
الأحجار والصخور لعدد من الاعتبارات أهمها أن تتمتع بمواصفات خاصة يأتي على
رأسها قدرتها على التحمل، قابليتها للامتصاص، مقاومتها للانثناء، مقاومتها
للخدش والسحب، مقاومتها للتضاغط، مقاومتها للعوامل الجوية (الأمطار الحمضية
والغازات الكربونية والكبريتية)، تأثير دورات تغير درجات الحرارة عليها، معامل
تمددتها وانكماشها.

تستخدم معظم أحجار الزينة في تغطية الحوائط والواجهات وإن كان بعضها
يستخدم كأرضيات لإضفاء الجمال والفخامة على المنشآت. وقد تقطع صخور

الجرانيت والحجر الجيري وغيرها إلى ألواح بسمك يزيد عن ٥ سم ، إلا أن الاتجاه الحديث هو إنتاج واستخدام ألواح أقل سمكا وأخف وزناً (٢-٣سم) ، وتفضل الألواح كبيرة المساحة وإن كانت في العادة لا تزيد عن ٢ × ٢ متر أو ١ × ٢ متر .

يعتبر اللون والنسيج أهم الصفات التي تحكم قابلية الأحجار للتسويق ، بالإضافة طبعاً إلى مقاومتها للعوامل الطبيعية ، لذا كان الجرانيت والسربنتين مفضلين في الاستعمال الخارجي ، وأنواع الرخام المختلفة هي المستعملة بصفة دائمة في الديكور الداخلي .

وفي الحقيقة يمكن استخدام أي صخر كحجر زينة ، إلا أن صلاحيته لهذا الغرض تتوقف على صفاته الطبيعية وتقبل الناس له (اللون والنسيج بالإضافة إلى العوامل الشخصية) ، واستعمال الأسماء البترولوجية الدقيقة لوصف أحجار الزينة المختلفة غير عملي ، فالمتعاملون في هذا المجال أغلبهم من غير المتخصصين (بل وغير المهتمين) لذا وضعت الجمعية الأمريكية للمعايرة والمواد (ASTM) تعريفات معينة للجرانيت (granite) والحجر الجيري (limestone) والرخام (marble) والحجر الأخضر (greenstone) والإردواز (slate) مع بعض التقسيمات لأنواع منها ، وهذه هي المستخدمة في الصناعة ونعرضها فيما يلي :

الجرانيت Granite

أي صخر فلسبائي ، نسيجه واضح التحجب أو نيسي ، وبهذا يشتمل التعريف على الصخور الجرانيتية بمعناها البترولوجي بالإضافة إلى السيانيت والجابرو والأنورثوزيت وغيرها من الصخور النارية السحيقية . وفي التجارة يرتبط بالجرانيت اسم يدل على المحجر المستخرج منه الصخر (جرانيت أسوان Aswan granite) واللون (جرانيت أسوان الأحمر Aswan red granite) وأحياناً النسيج (جرانيت أسوان الأحمر البورفيريتي Aswan red porphyritic granite) .

الرخام Marble

أي صخر متبلور يتكون بصفة أساسية من معادن الكالسيت و/ أو الدولوميت و/ أو السربنتين ، قادر على اكتساب الصقل . وفي الصناعة ، تطلق كلمة الرخام على الصخور سهلة القطع أي منخفضة الصلادة في حين تسمى الصخور واضحة الحبيبات

عالية الصلادة بالجرانيت ، وبهذا يشتمل التعريف على الرخام بمعناه البترولوجي إضافة إلى صخور أخرى مثل الحجر الجيري المتبلر والترافرتين والسربنتين والأونكس وغيرها . وفي التجارة، يضاف إلى الاسم ما يدل على الحجر المستخرج منه الصخر وكذلك صفات تدل على لونه ونسيجه .

الحجر الجيري Limestone

صخر من أصل رسوبي يتكون بصفة أساسية من كربونات الكالسيوم أو الكربونات المزدوجة للكالسيوم والمغنسيوم، ويقسم إلى حجر جيري كالسيتي وهو الذي يحتوي أقل من ٥٪ $MgCO_3$ ، وحجر جيري دولوميتي ويحتوي على ما بين ٥ و ٤٠٪ $MgCO_3$ ، ودولوميت ويحتوي على أكثر من ٤٠٪ $MgCO_3$ ، ولا تستعمل هذه الأسماء عادة في المجال التجاري لكن يشار إلى الصخر باسم الحجر والنسيج السائد واللون أحياناً مثل حجر جيري إنديانا السري الأبيض (Indiana white oolitic limestone)

الحجر الرملي Sandstone

رمال متصلة ، تتكون معظم حبيباتها من الكوارتز والفلسبار، ذات نسيج فتاتي مع مادة لاحمة بين الحبيبات من السيليكات أو أكاسيد الحديد أو الكالسيت أو الصلصال .

الأردواز Slate

صخر متحول دقيق التحبب مشتق من رسوبيات طينية ، يتميز بانفصام متواز مثالي لا يتعلق بمستويات تطبق الصخر ، وبسبب هذا الانفصام يمكن فصل الصخر إلى شرائح رقيقة نسبياً .

الحجر الأخضر Greenstone

صخر متحول يحتوي على واحد أو أكثر من معادن الكلوريت والأبيدوت والأكتينوليت، نتج عن تحول البازلت أو الديابيز أو الصخور النارية القاعدية الأخرى . وتراب روك (traprock) صخر من فيض بركاني أو جدد قاطعة أو متوافقة من البازلت أو الدوليريت ، وهو أحد أمثلة الحجر الأخضر .

ونظراً لتكلفة النقل العالية ، تقتصر أسواق أحجار الزينة على المناطق القريبة من محاجرها ، ومع ذلك فهناك تجارة عالمية في بعض الأنواع المتميزة ، فمنطقة كرازا

بشمال إيطاليا تنتج أشهر أنواع الرخام الذي يصدر إلى كافة أنحاء العالم ، وكذلك ترافرتين منطقة تيفولي ، ولارفيكييت (Iaurvikite) في النرويج ، وجرانيت أسوان ، ومنذ سنوات قليلة كانت المملكة العربية السعودية مستورداً مهما لبعض أنواع أحجار الزينة هذه ، وحالياً وكتيجة لأعمال الاستكشاف الواسعة تحقق وجود نوعيات عديدة ممتازة من هذه الصخور بالمملكة نعرض بعضها فيما يلي :

أحجار الزينة في المملكة العربية السعودية

يوجد بالمملكة الكثير من الصخور المناسبة للقطع والصقل ، تتراوح من الجرانيت إلى الجابرو والأنورثوزيت وتشتمل على عديد من نوعيات الرخام الممتازة (Baghdadi 1988) . وفيما يلي نقدم بعض أهم هذه المواقع (شكل ٥٨) .

١) جرانيت يارا (Yara) الرمادي (جرانيت ينبع الرمادي)

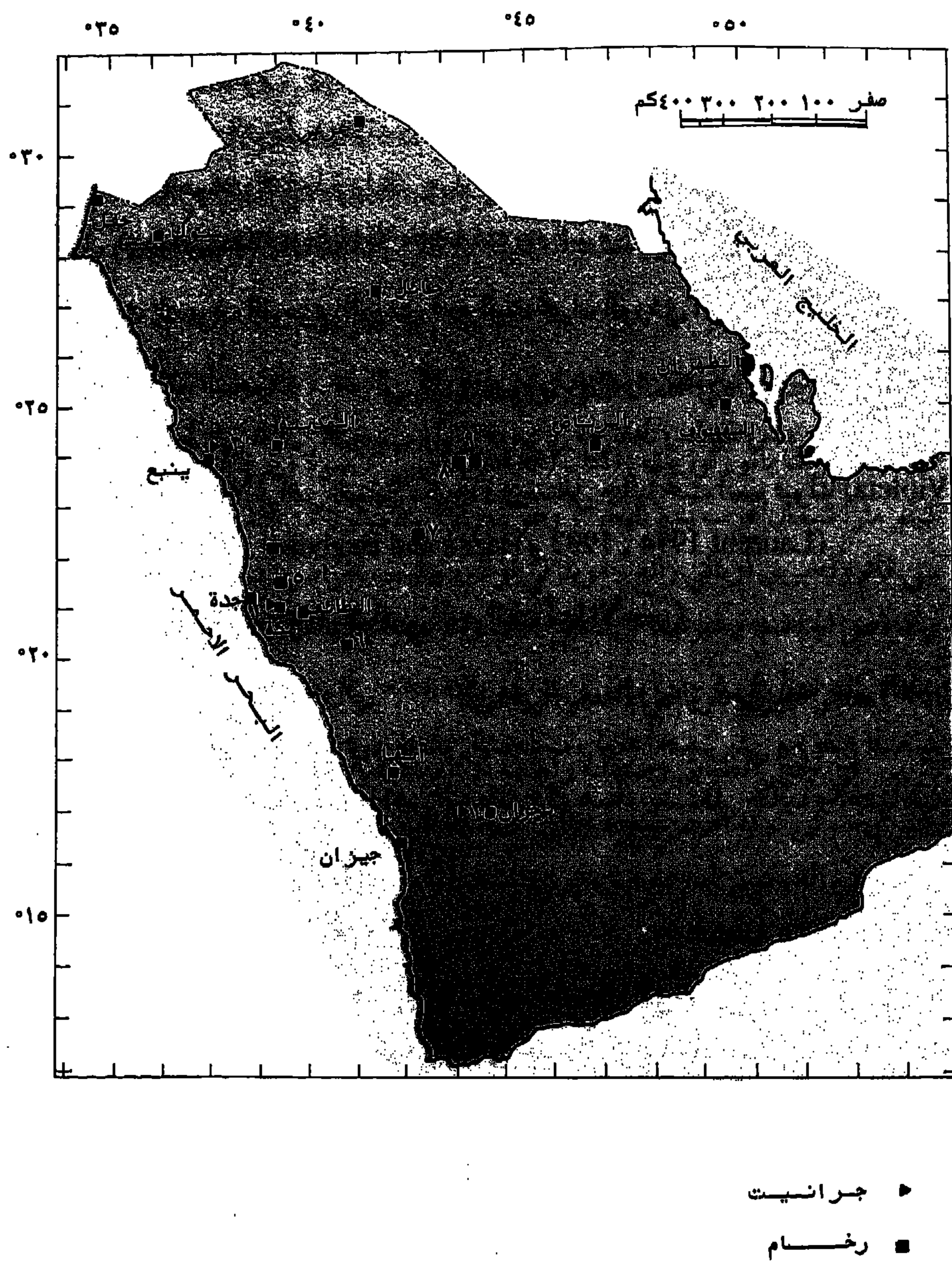
في جبل يارا على بعد ٦٥ كيلو مترا شمال غرب ينبع ، وهو جرانيت متوسط حجم الحبيبات ، منقط بالأبيض والأسود مما يعطيه لوناً رمادياً محبباً ، مناسب للحوائط والأرضيات الداخلية والخارجية كما يصلح للواجهات ، ويجري استغلاله حالياً وتتوافر منه احتياطات هائلة (Laurent 1974) .

٢) جرانيت ود (Wid) الرمادي (جرانيت الطائف الوردية)

في وادي نعمان ، ٢٠ كيلو مترا غرب الطائف ، وهو جرانيت متوسط إلى خشن التحبب ، يسود فيه اللون الوردية مع نقط بيضاء وأخرى سوداء . يناسب أغراض التزيين الداخلية والخارجية على السواء كما يناسب صناعة أقراص الموائد والمناضد . يجري استغلاله حالياً وتتوافر منه احتياطات هائلة (Laurent 1993 و Baghdadi 1981 a) .

تابع شكل ٥٨ : مواقع بعض أهم محاجر أحجار الزينة والرخام في المملكة العربية السعودية

الجرانيت	الرخام
١ - الجموم ، ود	٤ - جبل فرسان
٢ - نجران (النجوف ، بئر عسكر)	٥ - مدركة
٣ - وادي خممال (كمال) ، يارا ، راكان	٦ - وادي تربة
	٧ - جبل غزلان
	٨ - جبل خانوقة
	٩ - جبل الخوار



شكل (٥٨) خريطة توضح بعض أهم محاجر أحجار الزينة والرخام في المملكة العربية السعودية .

(٣) جرانيت الجموم الوردي

في منطقة الجموم ، حوالي ٦٥ كيلو متراً شرق - شمال شرق جدة وهو جرانيت متوسط إلى خشن التحبب ولونه وردي فاتح جميل ، مناسب لأغراض الأرضيات والحوائط والواجهات الداخلية والخارجية كما يصلح كبلاطات رصف وأقراص الموائد وغيرها . تحت الاستغلال حالياً والاحتياطيات منه كبيرة (Laurent 1975) .

(٤) جرانيت النجوف القرمزي الوردي (جرانيت نجران الوردي القائم)

في منطقة النجوف ، حوالي ١٣ كيلو متراً غرب - شمال غرب نجران ، وهو جرانيت متوسط إلى خشن التحبب ولونه قرمزي مع نقط رمادية وسوداء تعطيه لوناً رائعاً ويناسب كافة الأغراض السابق ذكرها ، ويستغل حالياً تحت اسم فيولتا (Violeta) وكمياته كبيرة (Hazza and Baghdadi 1982 و 1993 , Laurent 1974) .

(٥) جرانيت الحمرة الوردي الرصاصي (جرانيت أبها الأحمر)

في منطقة الحمرة ، حوالي ١٠٠ كيلو متر شرق جنوب - شرق أبها على الطريق إلى نجران ، وهو جرانيت قلوي ، خشن التحبب ، لونه أحمر بني مع بقع صغيرة سوداء ، يناسب كافة الأغراض السابق ذكرها ، يستغل حالياً واحتياطياته كبيرة (Hazza and Baghdadi 1982) .

(٦) جرانيت القزاز الأحمر البني

على مسافة ٣٥ كيلو متراً إلى الشرق - شمال شرق من المدينة المنورة ، وهو جرانيت قلوي دقيق الحبيبات جرانوفيري إلى حد ما ، لونه أحمر طوبي ، يصلح لكافة أغراض الزينة ، لا يستغل حالياً واحتياطياته قليلة نسبياً (Baghdadi 1981) .

(٧) جرانيت بير عسكر البني (جرانيت نجران البني)

في منطقة بير عسكر ، حوالي ١٣ كيلو متراً شمال غرب نجران على الطريق إلى أبها ، وهو جرانيت قلوي ، خشن التحبب متساوي الحبيبات ، لونه بني فاتح جميل مع بعض النقاط السوداء يصلح لكافة أغراض الزينة ، ويستغل حالياً تحت اسم غدиро واحتياطياته كبيرة (Baghdadi 1987 و Laurent 1993) .

٨) جابرو النعيم الأسود

في جبل النعيم ، حوالي ١١٠ كيلو متراً إلى الجنوب - جنوب شرق عفيف ، وهو لابرادوريت جابرو ، متوسط حجم الحبيبات ، لونه أسود مائل للزرقة وبه بعض البلورات المنشورة من الكبريتيدات ، يناسب العديد من أغراض الديكور خاصة الداخلية ، لا ينتج حالياً واحتياطياته قليلة (Laurent 1972b 1974, 1993) .

٩) أنورثوزيت وادي خُمال (أنورثوزيت ينبع)

يعرف بأنورثوزيت راكان (Rakan) البني الأسود ويوجد في جبل راكان ٤٠ كيلو متراً شمال غرب ينبع البحر ، وهو أنورثوزيت يتكون من الفلسبار والبيروكسين ، لونه بني قاتم وله بريق أوبالي رائع ، فريد في نوعه ، يناسب أغراض الديكور الخارجية والداخلية وأقراص المناضد وغيرها ، ويستغل حالياً والاحتياطيات هائلة (Laurent 1993) .

١٠) حجر جيرى الرياض (حجر الرياض)

في جبل الطويق ومنطقة واسعة الامتداد غرب وجنوب الرياض ، وهو حجر جيرى سرئى لونه أصفر بيج ، عالي المسامية غير مقاوم للأحماض ، لذا يصلح أساساً لأغراض الديكور الداخلية ويجري استغلاله حالياً والاحتياطيات منه غير محدودة (Laurent et. al. 1975) .

١١) رخام فرسان الأبيض

في جبل فرسان ، حوالي ١٢٥ كيلو متراً إلى الشمال شمال شرق جدة ، وهو رخام أبيض اللون مع بعض البقع القاتمة ويميل إلى اللون الرمادي كلما اتجهنا للجنوب ، ويصلح لأغراض الديكور الداخلية بصفة عامة والخارجية بشروط خاصة ، ويجري استغلاله حالياً في صناعة بلاط الموزايكو وفي الحشو وبودرة الجدران واحتياطياته حوالي ٣ مليون طن تقريباً . ومن نفس المنطقة ، وبنفس المواصفات يأتي رخام فرسان الأسود ذو اللون الأسود اللامع والذي تقطعه عريقات دقيقة بيضاء (Berton 1968 و Laurent 1969, 1993) .

١٢) رخام المدركة الرمادي الوردي

في منطقة المدركة في جبل قرين (Grain)، حوالي ١٢٠ كيلو متراً إلى الشمال الشرقي من جدة، وهو رخام رمادي اللون دقيق التحبب مع عريقات من البني والأخضر صالح لكافة أغراض الديكور الداخلي والخارجي، ويجري استغلاله حالياً واحتياطياته كبيرة (حوالي ٢٠٠,٠٠٠ م^٣) (Laurent 1993). ومنه نوعية تعرف باسم رخام المدركة الوردي البني، لونه بييج مع عريقات من الرمادي القاتم إلى الأخضر من بعض معادن الاسكارن (skarn minerals). ونوعية أخرى يغلب عليها اللون الرمادي مع بعض العريقات الفاتحة اللون تعرف باسم رخام المدركة الرمادي الأسود.

١٣) رخام فاطمة الرمادي البني (رخام وادي فاطمة الرمادي)

في وادي فاطمة، ٤٥ كيلو متراً إلى الشرق - جنوب شرق جدة، وكذلك في شمال مكة المكرمة على بعد حوالي ٤٥ كيلو متراً وهو رخام متوسط حجم الحبيبات، مبرقش من الأبيض والرمادي مع بعض العروق البنية الغامقة، وهو صالح لكافة أغراض الديكور الداخلي والخارجي. وقد استخدم في المسجد الحرام في مكة المكرمة وبخاصة الموجود على بعد ٤٥ كيلو متراً شمال مكة في وادي فاطمة، ويجري استغلاله حالياً والكميات المتاحة منه محدودة إلى حد ما (Laurent 1970 a).

١٤) رخام تربة الوردي (رخام تربة)

من وادي تربة، ١٢٠ كيلو متراً إلى الجنوب الشرقي من الطائف وهو رخام دقيق الحبيبات لونه وردي فاتح إلى كريمي مع عريقات رمادية مخضرة، ويصلح لكافة أغراض الديكور، ويجري استغلاله حالياً واحتياطياته كبيرة.

١٥) رخام خانوقه الرمادي (رخام خانوقه)

في جبل خانوقه على بعد ١٣ كيلو متراً شمال مدينة البجادية، وحوالي ٩٠ كيلو متراً إلى الشرق شمال شرق من عفيف، وهو رخام دقيق التحبب رمادي اللون مع عروق بيضاء، وصالح لأغراض الديكور والزينة الداخلية والخارجية، ويستغل بوفرة في الوقت الحاضر. والاحتياطيات المتوافرة منه هائلة (Laurent 1972 a, 1993).

(١٦) رخام غزلان الرمادي

من جبل غزلان ، ١٠٥ كيلو مترات إلى الجنوب من عفيف ، وهو رخام دقيق التحبب رمادي اللون لا يستغل حالياً واحتياطياته كبيرة (Laurent 1970 b) .

(١٧) رخام الخوار الأسود (رخام الخوز)

جبل الخوار ، ٨٥ كيلو متراً شرق - شمال شرق عفيف وهو رخام دقيق التحبب يحتوي على كميات قليلة من الليمونيت وبعض المواد الكربونية ، لونه أسود فريد ، صالح لأغراض الديكور الداخلية فقط ، ويستغل حالياً والاحتياطيات كبيرة حوالي ١٠ مليون متر مكعب (Laurent 1970 b , 1993) .

الفصل التاسع

الأحجار الكريمة

Gemstones

يضم المصطلح «أحجار كريمة» تلك المعادن وبعض المواد الطبيعية الأخرى التي يمكن استخدامها في الزينة الشخصية وتجهيز بعض أغراض الديكور الأخرى، والتي أعجب بها الإنسان واستعملها منذ آلاف السنين، وتضم القائمة التي استعملها الإنسان من عصور ما قبل التاريخ أكثر من ١٥ معدناً، بالإضافة إلى الكهرمان والزجاج الطبيعي.

ويرتبط بالأحجار الكريمة الطبيعية مصطلحان، هما مواد الاحجار الكريمة الصناعية (synthetic gem material)، وهذه تتشابه مع المواد الطبيعية في تركيبها الكيميائي وبنيتها البلورية، ومواد التقليد (imitation materials)، وهذه تستعمل بسبب التشابه في المظهر، رغم الاختلاف في التركيب والبنية، مع المواد الطبيعية. أيضاً يستخدم الوصف «أحجار كريمة gemstones» للمواد التي يمكن استخدامها في أغراض الزينة الشخصية، في حين يفضل الاسم «أحجار الديكور أو أحجار الزينة decorative stones»، لباقي المواد التي تستعمل في أغراض الديكور وتجميل المكان.

كانت العادة في السابق استخدام الوصف (الأحجار النفيسة precious stones) ويشمل الماس والزمرد والياقوت والزفير على أساس قيمتها المادية المرتفعة، واستخدام الوصف (الأحجار شبه النفيسة semi-precious stones) للمواد الأخرى مثل الأوبال والعقيق ونوعيات الكوارتز المختلفة، على أساس من القيمة المادية وقانون العرض والطلب. وفي السنوات الأخيرة تبين أنه لا يمكن التفريق بين المجموعتين في الواقع، لذا سقط الاسمان ويكتفى بالإشارة إليها كلها باسم الأحجار الكريمة (gemstones).

وأهم الخصائص التي تجعل من معدن ما حجراً كريماً، هي جمال الشكل واللون، ومقاومة البلى، والندرة، وإمكانية حمله بسهولة. وهناك عامل آخر مهم هو طريقة قطع المعدن وصقله لإبراز أهم خصائصه اللونية والبصرية، ويضاف إلى ذلك طبعاً الذوق الشخصي.

وهناك ما لا يقل عن ١٥٠ معدناً استخدمت كأحجار كريمة، ندرج أهمها في الجدول رقم (١)، والذي يضم بالإضافة إلى المعادن بعض المواد العضوية والتي ليست معادن بالمعنى الحرفي للكلمة، إلا أنها مواد موجودة في الطبيعة وتشارك مع المعادن المستخدمة في أهم صفاتها السابق ذكرها.

وفي الوقت الحاضر، يستخدم حوالي ٢٥ معدناً ومجموعة معدنية كأحجار كريمة مطلوبة، بالإضافة إلى أربع أو خمس مواد عضوية النشأة طبيعية التكوين، ومن بين هذه يكون الماس هو أهمها جميعاً على أساس القيمة، ويمكن تقسيم باقي المواد على النحو التالي:

معادن ألوميناتية : كريزوبريل .

معادن ألومينوسليكاتية : فليسبار، لازوريت .

معادن سليكاتية أخرى : بريل، جارت، جيد (وهو أحد معدنين جيديت Jadeite أو نفريت Nephrite)، أوليفين، أوبال، كوارتز، توباز، زركون.

معادن أكاسيدية : كورندم (ياقوت، زفير)، هيماتيت، إسيينل.

معادن بوروسليكاتية : تورمالين.

معادن فوسفاتية : تركواز.

مواد عضوية : كهربان، جت، مرجان، لؤلؤ.

وتتكون الأحجار الكريمة تحت كل الظروف والبيئات الجيولوجية المعروفة، فمنها ما يتبلور من الصهارة مباشرة، ومنها ما يتكون تحت ظروف الضغط والحرارة مع الصخور المتحولة، بل إن منها ما يتبلور مباشرة من المحاليل المائية أو بفعل الكائنات العضوية.

وتقع معظم الأقاليم الرئيسية لإنتاج الأحجار الكريمة على حواف مناطق الدروع القديمة حيث تصاحب الصخور النارية والمتحولة لما قبل الكامبري كما يستخرج الكثير منها من رواسب المراقد (placers) الناتجة عن تجوية هذه الصخور .

فمن الصخور النارية فوق القاعدية ، يستخرج الماس بصفة أساسية ، وبالإضافة يستخرج بعض الزفير ، والياقوت ، والأوليفين والبيروب ، والروديوليت ، واليوفاروفيت ، وبعض الجيد .

أما صخور البجماتيت النارية فهي أهم مصدر للأحجار الكريمة (فيما عدا الماس) ، فمنها الأباتيت ، والزمرد ، والفلسبارات المختلفة وأنواع الكوارتز والزفير ، والياقوت ، والسبينل ، والتوباز ، والتورمالين ، والزركون وغيرها .

ومن الصخور النارية القلوية يُحصل في العادة على الزفير ، والياقوت ، والفلسبار والجروسيولاريت ، والزركون .

أما الصخور المتحولة ذات الأصل الجيري فمنها يحصل على الأزوريت ، والسبينل والزفير ، والياقوت ، والزمرد ، والجروسيولاريت ، والأيدوكريز ، والتورمالين . وفي الصخور المتحولة غير الجيرية ، يوجد الزفير ، والياقوت ، والزمرد ، والأكوامارين ، والكريزوبريل ، ومختلف أنواع معادن الجارنت . ويترسب الكثير من الأحجار الكريمة من المحاليل المائية في صورة بلورات في كهوف في العادة ، أهمها الأنواع خفية التبلر من الكوارتز ، بالإضافة إلى الأميثيست ، والسُّترين ، والأوبال ، والتورمالين ، والتوباز .

وربما كانت رواسب المراقد (placers) من أهم مصادر الأحجار الكريمة ، ذلك لأن معظمها مقاوم لعمليات التجوية ، وعالي الكثافة نسبياً ، لذا تتجمع في هذه الرواسب ، ومن أهم الأحجار الكريمة الموجودة فيها نذكر الماس ، والتوباز ، والتورمالين ، والياقوت ، والزفير ، وأنواع الجارنت المختلفة .

يبين الجدول التالي أهم المعادن المستعملة كأحجار كريمة وتركيبها الكيميائي وخواصها الفيزيائية وألوانها ومعظم صفاتها الأخرى .

الأحجار الكريمة في المملكة العربية السعودية

لم يكتشف الكثير من المعادن المناسبة لتجهيز الأحجار الكريمة في المملكة حتى الآن، وأهم المعروف منها هو ما يلي:

■ الأميثيست (amethyst) وهو موجود في منطقة النّجّاب أو جبل الكريزية في منطقة الحليفة.

■ أمازونيت (amazonite) في وادي الخراز بمنطقة العلا.

■ بلور الصخر (rock crystal) في منطقة خمرة بإقليم ظلم.

هذا بالإضافة إلى بلورات الزبرجد (بريدوت) الموجودة في كثير من الفوهات البركانية لبركانيات الثلاثي والرباعي من أهمها:

فوهة جبل ثلمان، مجموعة فوهات جبل سمر، منطقة حرة كشب، فوهات أبو عريس، بصخور الغطاء، كالديرا الجب، وفوهة طابا في جبل سلمى بمنطقة حائل.

وتقوم المديرية العامة للثروة المعدنية بدراسة خاصة على هذه المعادن واحتمالاتها الاقتصادية وصلاحياتها للاستغلال.

جدول رقم (١) : أهم المعادن المستعملة كأحجار كريمة

المعدن	التكوين	اللون الأساسي	الشفافية	الصلابة (موه)	الكثافة النوعية	النقش	ملاحظات
بيرل أكرامارين	$\text{BeAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	أزرق - مخضر	شفاف	٨-٧,٥	٢,٩-٢,٦	متوسط	
زمرود		أخضر زاهي	شفاف	٨-٧,٥	٢,٩-٢,٦	متوسط	
بيرل ذهبي		أصفر برتقالي	شفاف	٨-٧,٥	٢,٩-٢,٦	متوسط	
مورجانيت		أخضر - وردي	شفاف	٨-٧,٥	٢,٩-٢,٦	متوسط	
كينزورول (الكندر)	BeAl_2O_4	أخضر في ضوء النهار	شفاف	٨,٥	٢,٨-٢,٥	عالي	تغير لوني شديد
كوزونيم ياغورت زفير	Al_2O_3	أخضر - قرمزي - بنفسجي	شفاف	٩	٢,٨-٢,٥	عالي	تغير لوني كبير ونطاقية
الماس	C	عديم اللون - أبيض - أزرق	شفاف	١٠	٣,٥	متناهي الصلابة	لونية أحيانا
فلينر أمارونيت	KAlSi_3O_8	أخضر مزرق - أخضر	غير شفاف	٦-٦,٥	٢,٨-٢,٥	منخفض إلى متوسط	شديد القسوة
حجر القمر	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	أخضر - بني - أصلي	شفاف	٧,٥-٧	٤,٣-٣,٤	عالي	نقا لونية أحيانا
جارتيت	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	أخضر - بني - أصلي	شفاف	٧,٥-٧	٤,٣-٣,٤	عالي	نقا لونية أحيانا
نيروب	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	من أخضر إلى أسود	شفاف	٧,٥-٧	٤,٣-٣,٤	عالي	نقا لونية أحيانا
رودوليت	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	أخضر وردي إلى بنفسجي	شفاف	٧,٥-٧	٤,٣-٣,٤	عالي	نقا لونية أحيانا
جورسونلايت	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	أخضر - لون القرفة - أحمر	شفاف	٧,٥-٧	٤,٣-٣,٤	عالي	نقا لونية أحيانا
يوقارونيت	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	أخضر	شفاف	٧,٥-٧	٤,٣-٣,٤	عالي	نقا لونية أحيانا
جيفيت	Fe_2O_3	رصاصي قو لاني - أسود	غير شفاف	٦,٥-٥	٥,٣-٤,٩	عالي جدا	يتغير بالبريق المعدني الشديد
إيطوكينز	$\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{OH})_4$	أخضر مع ظلال صفراء	غير شفاف	٦,٥	٣,٥-٣,٣	عالي	اللون غير متجانس في المادة
جيد	$\text{Na}(\text{Al}, \text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$	أخضر - وردي	غير شفاف	٦,٥	٣,٥-٣,٣	عالي	اللون غير متجانس في المادة
تيريت	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	أخضر إلى أخضر مصفر	غير شفاف	٧-٦,٥	٣,٣-٣,٢	متوسط	اللون غير متجانس في المادة
لازريت (لايس)	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	أخضر وأخضر مصفر	غير شفاف	٧-٦,٥	٣,٣-٣,٢	متوسط	اللون غير متجانس في المادة
لازولي	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	أخضر - قاتم	غير شفاف	٧-٦,٥	٣,٣-٣,٢	متوسط	اللون غير متجانس في المادة
مالاكييت	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)$	أخضر غير	غير شفاف	٣,٥-٣,٥	٤-٣,٩	متوسط	اللون غير متجانس في المادة

أهم المعادن المستعملة كأحجار كريمة (تتابع)

تشيت ضعيف للضوء	متوسط	٢,٥ - ٢,٢	٧ - ٦,٥	شفاف	أخضر مصفر أو أصفر	Mg_2SiO_4	أرلين (بريدوت)
تلاعب ألوان شديد ومميز	إلى عال	٢,٣ - ١,٩	٦,٥ - ٥,٥	غير شفاف	عليق اللون إلى متعدد الألوان	$SiO_2 \cdot nH_2O$	زبرجد
تشيت متوسط للضوء	عال	٢,٧ - ٢,٥	٨	شفاف	أصفر - وردي - أحمر	$MgAl_2O_4$	أريال
تشيت متوسط للضوء	متوسط	٢,٦ - ٢,٤	٨	شفاف	برتقالي - أخضر - أزرق	$Al_2SiO_5(F,OH)_2$	أسيل
تقطع عروق من الأكاسيد السوداء في المادة	متوسط	٢,٨ - ٢,٦	٦ - ٥	غير شفاف	عديم اللون - أصفر - نادرًا أحمر أو أزرق	$CuAl_6(PO_4)_4(OH)_6 \cdot 5H_2O$	ترياز
نطاقية لونه شائعة جدًا، تلاعب ألوان قوي وتشيت متوسط للضوء	متوسط	٢,٢ - ٢,٩	٧,٥ - ٧	شفاف	أخضر مزرق أو أخضر مصفر - أزرق رمادي	$(Na, Ca)(Li, Mg, Al)(Al, Fe, Mn)_6(BO_3)_4Si_6O_{18}(OH)_4$	توكوا (أفيون)
تشيت شديد للضوء، مهم البنية جزئيًا أو كليًا في العادة	عال جدًا	٤ - ٨	٧,٥ - ٦	شفاف	أزرق - أزرق مخضر	$ZrSiO_4$	تورمالين أنتوريت
				شفاف	أصفر - أصفر برتقالي		أميراليت
				شفاف	رمادي - أخضر - بني		الديكوريك
				شفاف	أبيض		روبيكيت
				شفاف			شورليت
				شفاف			سبيريت
	منخفض	٢,٧	٧	شفاف	بنفسجي	SiO_2	زركون أزرق
				شفاف	أصفر - أحمر		هيمات
				غير شفاف	رمادي - أخضر - بني		جارقون
				شفاف	أصفر		زركون أبيض
							السليكا
							كوارتز (متبلور)
							أميست (الجمشت)
							أفتيرين
							عين الهر
							سترين

المراجع

- Affif, A.M. (1990) *Environments of gold telluride mineralization in the Mahd Adh Dhahab district, Arabian Shield*. Ph.D. dissertation, Ann Arbor Univ. of Michigan, 208 p.
- Ahmad, M.S. (1979) *Geology and mineralization of Umm Ad Damar area*, Ph.D. thesis, Faculty of Earth Sciences, 221 p.
- Alabouvette, B. and Pellaton, C. (1975) Geology and mineral resources of the Wadi Kamal Quadrangle (24/37), *BRGM report 75-JED-18*, 26 p., 2 pl., (1:100,000), 2 ill., 2 app.
- Al Fotawi, B.A. (1989) *Geologic and radiometric studies of the area east of Jabal Az Zuhd North Arabian Shield, K.S.A.*, M.Sc. thesis, KAU, FES, 124 p.
- Al-Koulak, M.Z. (1981) Geological, mineralogical, and geochemical studies of the Mahawiyah ancient mine, *Kingdom of Saudi Arabia, USGS Technical Record TR-18*, 31 p.
- (1985) *Geology and petrology of the Al Ajardah ring complex and Bani Amr Syenites of the southern Arabian Shield*, Ph.D. thesis, KAU, FES, Jeddah, 307 p.
- Allcot, G.H. (1969) Ashaib, zinc-copper prospect, Mineral Resources Research, 1967-1968, *Kingdom of Saudi Arabia – DGMR*, pp. 20-21.
- Al-Sari, A.M., Al-Shanti, A.M. and El-Mahdy, O.R. (1982) Composition of Al-Amar ore deposits, *King Abdulaziz University, FES Bull.*, 6: 579-591.
- Al Shanti, A.M. (1966) Ootitic iron ore deposits in Wadi Fatima, between Jeddah and Mecca, *Directorate General of Mineral Resources Bulletin*, 2: 51 p.
- (1970) Rabigh Barite deposits, Mineral Resources Research 1968-1969, *DGMR, KSA*, pp. 51-58.
- (1976) Mineralization of Ad Dawadimi district, Kingdom of Saudi Arabia; *DGMR Bull.* 14, 49 p.
- Al Shanti, A.M. and El Mahdy, O.R. (1989) Chromite deposits of Saudi Arabia, King Abdulaziz City for Science and Technology; *Final project report No. AT-6-094*, 167 p.
- Al Shanti, A.M. and Gass, I.G. (1983) The Upper Proterozoic Ophiolite melange zones of the eastern most Arabian Shield, *J. Geol. Soc. London*, Vol. 140, part 6, pp. 867-876.
- Al Shanti, A.M., Hassan, M.A., Hussein, A.A. and El Mahdy, O.R. (1989) Evidence for element mobility in some metavolcanic rocks in the vicinity of mineralized areas in the Arabian Shield, *J. KAU, Earth Sci.*, 2: 85-103.
- Ashworth, K.L. and Abdulaziz, M.I. (1978) Economic geology and evolution of Jabal Idsas deposits [23/45 C], *DGMR, KSA, Open-File Report DGMR-664*, 138 p.
- Bäcker, H. (1976) Fazies und chemische Zusammensetzung rezenter Ausfällungen aus Mineralquellen in Roten Meer. *Geol. Jb., D.* 17: 151-172.
- Bäcker, H. and Richter, H. (1973) Die Rezenten hydrothermal Sedimentäre Lagerstätte Atlantis II – Tief im Roten Meer. *Geol. Rundsch.*, 62(3): 697-741.
- Baghdadi, A.J. (1981a) Prospecting for ornamental stones in Taif area, *KSA, B.R.G.M. – OF-01-10*, 9 p.
- (1981b) Prospecting for ornamental stones, Madinah-Al Hanakiyah area, *B.R.G.M. -OF-01-9*, 11 p.

- (1987) Granitic rocks suitable for ornamental stones in the Kingdom of Saudi Arabia, *B.R.G.M.-OF-07-1*, 70 p.
- (1988) Marble and limestone suitable for ornamental stones in Saudi Arabia, *B.R.G.M.-OF-08-11*, 25 p.
- Bardossy, G. (1973) Bauxite Formation and Plate Tectonics, *ACTA Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 17: 141-154.
- Bayly, R.W. (1972) Geologic map and section of the wadi Yiba quadrangle (19/41D), KSA, USGS, 1 pl., (1:100,000) with text, 6 p.
- Berge, J.W. and Jack, L. (1982) The phosphorites of West Thaniyat: Contribution to IGCP Project 156, Phosphorites, World Phosphate Deposits, in: Notholt and Sheldan (eds.), *World Phosphate Rock Resources*, Cambridge University Press, London.
- Berton, Y. (1968) Occurrences of marble at Jabal Farasan, KSA, *B.R.G.M.-TR, 68-JED-3*, 5 p.
- Bhutta, M.A. (1966) Physical and geological characteristics of the Northern Ad-Dughm glass sand deposit, Ar-Riyadh district, Saudi Arabia. Mineral Resources Report of Investigations 1, *Directorate General of Mineral Resources - Jeddah*, 27 p., 4 plates.
- Black, R.Y. (1982a) Az Zabirah bauxite project, Phase 1 and 2 evaluations, *Open-File Report RF-OF-02-6*, 80 p.
- (1982b) Bauxite exploration Khashm Khafs area, *Open-File Report RF-OF-02-7*, 7 p.
- Black, R.Y., Bognar, B., Watson, A.D. and Barnes, D.P. (1982) Evaluation of the Az Zabirah Bauxite Deposit 1400-1402H (1980-1982G), *Technical Record RF-TR-02-2*, 157 p.
- Black, R.Y., Lozej, G.P. and Maddah, S.S. (1984) Geology and mineralization of Az Zabirah bauxite, Northern Saudi Arabia, in: Jacob, L. Jr., (ed.), *Bauxite Proc. 1984 Bauxite Sym., Los Angeles*, Amer. Inst. Min. Mett. and Pet. Eng., New York.
- Bokhari, M.A. (1979) *Geology and origin of the magnesite deposits in the Jabal Rokham area, K.S.A.*, M.Sc. thesis, KAU, FES, 150 p.
- Bowden, R.A. and Smith, G.H. (1981) Jabal Sayid district, overview study, Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Technical Record, *RF-TR-01-2*, 110 p.
- British Steel Corporation (Overseas Services) Ltd. (1981) Exploitation of Sawawin ore deposits, Deputy Ministry for Mineral Resources confidential report.
- Brobst, D.A. and Pratt, W.P. Editors (1973) United States Mineral Resources, *Geological Survey Prof. Paper, 820*, 722 p.
- Brosset, R. (1970) Zarghat Magnesite deposit, KSA, *BRGM Technical Record, 70-JED-2*, 20 p., 1 fig., 6 maps.
- (1972b) Geology and Geochemistry at Um Ash Shalahib, zone A-D, KSA, *BRGM, Technical Record 72-JEDA-21*, 15 p., 3 maps, 1 appendix.
- Brown, G.F. (1972) Tectonic map of the Arabian Peninsula, *DGMR Arabian Peninsula Map AP-2*, scale 1:4,000,000.
- Cater, F.W. and Thomson, P.R. (1987) Geological Map of the Jabal Ibrahim Quadrangle, Sheet 20E, Kingdom of Saudi Arabia, *Geoscience Map, GM-96 C*.
- Cartier, A. (1983) Geochemical prospecting around the "Ablah mine", *DMMR Open-file Report, BRGM-OF-03-42*, 19 p., 9 fig.
- (1984) Fluorite prospecting at Jabal Hadb Diahin and in the Suhur-Wadi Hulayfah areas, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF-04-8*, 61 p.
- Chevremont, P. (1982) Core drilling in the Wadi Kamal area, 1978-1979, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF-02-37*, 20 p.
- (1983) Bibliographic review of Platinum Group Mineralization in the world and the possibility of such mineralization within ultramafic complexes in Saudi Arabia, *DMMR Technical Record BRGM, TR-03-3*, 62 p., 6 fig., 6 tables, 3 app.
- Chevremont, P. and Cassard, D. (1986) Platinum group rock geochemistry in the northwest Arabian Shield. Discovery of a platinum and palladium occurrence in Wadi Kamal complex, *Open-File Report BRGM OF-06-20*, 43 p.
- Chevremont, P. and Johan, Z. (1981) Wadi Kamal-Wadi Murratijah ultramafic layered complex, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-01-36*, 143 p.

- (1982) Wadi al Nwanet-Jabal Iss ophiolitic complex, *DMMR Open File Report, KSA, BRGM-OF-02-14*, 30 p., 7 ill., 5 tables.
- Chevremont, P. and Vaillant, F.X. (1983) Mineral investigation for chromite and gold related to the Al Ays ultramafic complex, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report, KSA, BRGM-03-7*, 66 p.
- Cole, J.C. and Hedge, C.E. (1985) Late Proterozoic geochronology in the northeastern Shield of Saudi Arabia, *Unpublished data on file in the Jeddah office of the U.S. Geological Survey, Saudi Arabian mission*.
- Cole, J.C., Smith, C.W. and Fenton, M.D. (1981) Preliminary investigation of the Baid al Jimalah tungsten deposit, *Kingdom of Saudi Arabian Mission Technical Record 20* (interagency report 377), 26 p.
- Conreux, J. (1969) Preliminary results of exploratory drilling of the Jabal ar Rokham magnesite prospect, in Mineral Resources Research, 1967-1968, *Directorate General of Mineral Resources Report*, pp. 22-24.
- Conreux, J. and Delfour, J. (1970) Compilation report on drilling at the As Safra prospect, drill holes SE1, SE2, SE3, SE4, SE5, SE6, and SE7, *BRGM Report 70-JED-9*, 39 p.
- Cottard, F.G., Abdulhady, G., Artignan, D., Coumon, A., Rushichon, Rh., Tringuard, R. and Vadala, P. (1989) A new type of auriferous mineralization in the southern shield of Saudi Arabia, *King Abdulaziz Univ., First Saudi Symposium on Earth Sciences, Abstracts*.
- Dadet, P. (1967) The mineral resources and geology of the area north of Al Ays, *B.R.G.M. Report, SG-JED 67 A15*, 50 p.
- Dairi, G.K. (1987) *Mineralization and environments of formation of the Sidarah granite complex*, M.Sc. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 98 p.
- Delfour, J. (1967) Report on the mineral resources and geology of the Hulayfah-Musayna'ah region (sheet 78, Zone 1 North), *KSA, BRGM Technical Record SG-JED-66 A8*, 138 p., 4 figs., 11 plates, 7 maps, 4 profiles, 2 apps.
- (1968) Completion report on drill holes Mu6, Mu7, Mu8, Mu9, and Mu10, Musayna'ah prospect (25/40B), *KSA, DGM internal report, 68-JED-14*, 40 p., 12 ill.
- (1970) Preliminary data on the Zurayghit-Zarghat magnesite prospect: In mineral resources research 1968-1969, *Saudi Arabian Directorate General for Mineral Resources Bulletin*, 101-104, 2 figs.
- (1975) Geology and mineral exploration of the Nuqrah quadrangle, 25/41 A, *KSA, BRGM Technical Record 75-JED-28*, 96 p., 1 fig., 1 table, 16 maps, 1 section, 4 app.
- (1982) Geology and mineral resources of the northern Arabian Shield, synopsis of BRGM investigations 1965-1975, *DMMR Open File Report, BRGM-OF-02-30*, 256 p., 33 figs., 25 tables, 22 plates, 2 app.
- (1983) Geology and mineral resources of the northern Arabian Shield, *Technical Record BRGM-TR-03-1*, 217 p.
- Dirom, G.A. (1946) Preliminary report on ancient gold mines, Najd, Saudi Arabia, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources, Open-file Report 23*, 36 p., 6 illus.
- Dodge, F.C.W. (1973) Geology and evaluation of tungsten anomalies, Buhairan-Abu Khurg, southern part of the Uyaijah ring structures, *U.S. Geological Survey Report 163*, 32 p.
- Dodge, F.C.W. and Rossman, D.H. (1975) Mineralization in the Wadi Qatan area, *KSA, U.S. Geological Survey Project Report 190*, 71 p.
- Donzeau, M. (1980a) Geologic study of the Jabal ash Shizm prospect, *BRGM Open-File Report, 80-JED-5*, 27 p.
- (1980b) Primary data from the Jabal ash Shizm prospect, *BRGM Open-File Report JED-OR-80-14*, 10 p.
- Drysdall, A.R. and Douch, C.J. (1985) Nb-Th-Zr mineralization in microgranite-microsyenite at Jabal Tawlah, Midyan region; in Felsic plutonic rocks and associated mineralization of the Kingdom of Saudi Arabia, *Mineral Resources Bull.* 29: 275-288.
- Drysdall, A.R., Jackson, N.J., Douch, C.J., Ramsay, C.R. and Hackett, D. (1984) Rare element mineralization related to Precambrian alkali granites in the Arabian Shield. *Econ. Geol.* 79: 1366-1377.

- du Bray, E.A., Smith, C.W. and Samater, R.M. (1984) Results of grid sampling and large scale geologic mapping. Silsilah tin deposits, Kingdom of Saudi Arabia, *DMMR Open-File Report USGS-OF-04-47*, 41 p.
- Duhamel, M. (1971) Geology and mineral exploration of the As Safra quadrangle (24/41D), *BRGM Report 71-JED-7*, 49 p., 2 pl. (1:100,000), 1 ill., 2 app.
- Earhart, R.L. (1968) A preliminary investigation of a copper occurrence at Jabal Sa'aban (Sarbon) (18/41B); Tihamt ash Sham quadrangle, KSA, *DGMR internal report TL-102*, 11 p., 2 figs.
- Earhart, R.L. and Mawad, M.M. (1970) Geology and mineral evaluation of the Wadi Bidah district [20/41A, C] southern Hijaz quadrangle, *USGS Report PR-119*, 100 p., 10 figs., 7 tables, 1 pl. (1:50,000), 5 pl. (1:1000).
- El-Mahdy, O.R. (1980) Mineralization and metamorphic features at the As-Safra copper prospects, Saudi Arabia; In evolution and mineralization of the Arabian-Nubian Shield, King Abdulaziz University, *I.A.G. Bull.* 3, 3: 63-79.
- Elsass, P. and Achard, D. (1983) Prospecting in the Ar Ridaniyah Al Hasraj area (1979), *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report, BRGM-OF-03-1*, 22 p.
- Elsass, P., Milesi, J.P. and Poult, G. (1983) Geological and volcanogenic features of the Zn-Cu-Ag-Au, al Musanè deposit, KSA, *BRGM Open-File Report BRGM-OF-03-62*, 27 p.
- Fujii, N. (1977) Koalin clay deposits, Khashim Radi area [24/47 D], Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources, *Japanese Geological Mission Report TR-1977-11*, 26 p., 9 figs., 1 table.
- Fujii, N. and Kato, K. (1979) Geology and copper deposits of the Jadmah prospect [19/41 B], northern wadi Shawas area, KSA, Deputy Ministry for Mineral Resources, *Japanese Geological Mission Report, TR-1979-2*, 21 p., 8 figs., 3 tabs.
- Fujii, N., Kato, K. and Kuwagata, H. (1973) Preliminary report on geology and mineralization of the Al Hajal prospect, northern wadi Shwas are [19/42A], *Japanese Geological Survey Report JGS-6-2*, 20 p., 4 ill., 1 table.
- Fujii, N., Koml, K. and Hisaok (1973) Preliminary report on geology and mineralization of Al Hajal prospect, northern Wadi Shwas area, *Kingdom of Saudi Arabia, DGMR, (JGS 6-2)*, 20 p.
- Goldsmith, R. (1971) Mineral Resources of the Southern Hijaz Quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia, Directorate General of Mineral Resources, Jeddah, *Mineral Res. Bull. No. 5*, 62 p., 30 figs., 7 tabs., 1 map.
- Gonzales, L. (1970) Nickel-Cobalt anomalies in laterite at Jabal Jedair, in: *DGMR Mineral Resources Research 1968-1969, Kingdom of Saudi Arabia*, pp. 24-26.
- Greene, R.C. (1982) Reconnaissance geology of the Jabal Dalfa Quadrangle, sheet 21/43 C, Kingdom of Saudi Arabia, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources, Open File Report USGS-OF-02-86*, 63 p.
- Greenwood, W.R., Jackson, R.O. and Johnson, P.R. (1986) Geologic map of the Jabal Al Hasir quadrangle, sheet 19F, *DGMR Geologic map*, scale 1:250,000.
- Hacket, D. (1982) Mineral resource potential of the Umm Matierah gold prospect (21/43C), *Open-file Report DGMR-OF-02-23*, 29 p.
- Hacket, D. (1985) Mineralized aplite-pegmatite at Jabal Sayid, Hijaz region, Kingdom of Saudi Arabia, *DMMR, Mineral Resources Bull.* 29: 257-266.
- Hakim, H.D. (1979) Ferrous/Ferric ratios as an indication of near surface mineralization at Mahd adh Dhahab, Saudi Arabia. In Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield, *King Abdulaziz University, IAG Bull.* 3: 57-63.
- Hazza, A. and Baghdadi, A.J. (1982) Prospecting for ornamental stone in the Najran Region, KSA, *B.R.G.M.-OF-02-31*, 8 p.
- Henry, B. and Lefevre, J.C. (1967) Preliminary report on the mineral resources and geology of the area north of Al Ays (sheet 89-90, zone III), *BRGM Technical Record SG-JED-66-A20*, 88 p., 16 maps, 2 apps.
- Higashimoto, S. (1970) Investigation of Titaniferous iron-ore deposits in the Wadi Hayyan-Wadi Qabqab district, Deposits in the East Hayyan area, *Min. Resources Res. 1968-1969, DGMR, Kingdom of Saudi Arabia*, pp. 67-71.
- Hopwood, T. 1979) An exploration study of metal deposits in the Jabal Sayid region [23-24/40-41], KSA, *Deputy Ministry for Mineral Resources Report RFO-1979-9*, 169 p., 140 figs., 3 tabs., 7 app., 4 pl.

- Huckerby, J.A., Moore, J. MacM. and Davis, G.R.D. (1982) Mineralization and structure at the Mahd Adh Dhahab gold mine, Saudi Arabia, *Abstract in Precambrian Research*, Vol. 16, p. A24.
- Idris, M.H. (1988) *A comparative study of mineral assemblages and environment of deposition of Al-Khnaigiyah and Al-Amar prospects*, M.Sc. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 194 p.
- Igarashi, T. (1970) Investigations of Titaniferous iron-ore deposits in the Wadi Hayyan-Wadi Qabqab districts. (a) Deposits in the west Hayyan area, (b) Deposits in the Wadi Qabqab area, *Min. Resources Research, 1968-1969, DGMR, Kingdom of Saudi Arabia*, pp. 70-73.
- Igarashi, T. and Goto, H. (1977) Gossans of the Al Mahtriq prospect, Wadi Shawas area, KSA, *DGMR Technical Record TR-1977-17*, 13 p.
- Jackaman, B. (1972) Genetic and environmental factors controlling the formation of the massive sulfide deposits of Wadi Bidah and Wadi Wassat, *Saudi Arabian Directorate General for Mineral Resources Technical Record TR-1972-1*, 244 p.
- Jackson, N.J. (1986a) Beryl pegmatite at Jabal Tarban, Southern Najd Region, Kingdom of Saudi Arabia, *Journal of African Earth Sciences*, 4: 289-291.
- (1986b) Mineralization associated with felsic plutonic rocks in the Arabian Shield. *J. Afr. Earth Sci.*, 4: 213-227.
- (1986c) Geology and mineralization of the Sidarah Monzogranite, Central Hijaz Region, Kingdom of Saudi Arabia, *Journal of African Earth Sciences*, 4: 199-204.
- Jackson, N.J. and Douch, C.J. (1985) Jabal Hamra REE-mineralized silexite, Hijaz region; in Felsic plutonic rocks and associated mineralization of the Kingdom of Saudi Arabia, *Mineral Resources Bull.* 29: 269-274.
- Jensen, M.L. and Bateman, A.M. (1981) *Economic mineral deposits*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, 593 p.
- Kattan, F.H. (1983) *Petrology and geochemistry of the Tuluhah belt, north east Arabian Shield*, M.Sc. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 111 p.
- Kellog, K. and Smith, C. (1986) Geology and Tin greisen mineralization of the Akash granite, Northern Arabian Shield, *J. Afr. Earth Sci.* 4: 205-210.
- Kemp, J. (1977) Asbestos occurrences – A review, *Kingdom of Saudi Arabia, Technical Record TR-1977-15*.
- (1982) Reconnaissance geology of the Al 'Ays quadrangle, 25/38 C, *Open-File Report BRGM-OF-02-43*, 101 p., scale 1:100,000.
- Kemp, J., Gros, Y. and Prian, J.P. (1982) Geological map of the Mahd adh Dhahab quadrangle, sheet 23 E, KSA, *DMMR geologic map GM-64A*, 1 pl., (1:250,000) with text 39 p., 2 figs., 1 table.
- Kililgaard, T.H. (1968) Evaluation of a diamond drilling program at the Samrah mine, near Ad Dawadimi, KSA, *U.S. Geological Survey Interagency Report 106*, 77 p., 13 illus., 3 tables.
- Kililgaard, T.H., Greenwood, W.R., Puffet, W.P., Naqvi, M., Roberts, R.J., Worl, R.G., Merghalani, H.M., Flanigan, V.J. and Gazzaz, A.R. (1978) Mineral exploration in the wadi Bidah district [20/41 A,C], 1972-1976, KSA, *Deputy Ministry for Mineral Resources Report PR-236*, 89 p., 17 figs., 4 tables.
- Kluyver, H.M., Bege, V.B., Smith, G.H., Ryder, J.M. and Van Eck, M. (1981) Sirhan-Turayf phosphate project, results of work carried out under the Phosphate agreement (29th Dhual Hijja 1398 – 30th Jumad Thani 1401, 29th November 1978 – 4th May 1981), *Technical Record RF-TR-01-5*, 75 p.
- Last, B.J. and Oskoui, R.M. (1983) Jabal Umm Matierah prospect [21/43 C] VLF electromagnetic survey, Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources.
- Laurent, D. (1969) Marble at Jabal Farasan, southwest pyramid hill concession, *B.R.G.M.-TR, 69-JED-50*, 51 p.
- (1970a) Marble in Bahrah area, KSA, *B.R.G.M.-TR, 70-JED-5*, 13 p.
- (1970b) Prospecting for marble in the Afif area, KSA, *B.R.G.M.-TR, 70-JED-21*, 32 p.
- (1972a) Surveying and drilling in Jabal Khanougah marble, KSA, *B.R.G.M.-TR, 72-JED-22*, 37 p.
- (1972b) Granite and basic rocks for ornamental stone industry, *B.R.G.M., (Unpublished) internal note March 1972. D.G.M.R. Data File, B.R.G.M.-DF-X03-1*, 11 p.

- (1974) Some igneous rocks usable as ornamental stone. Map (app-5) in: Altmann, J.J. and Skipwith, P.A. (1974), Summary of activities, *B.R.G.M., Saudi Arabia Mission, January 1965 to November 1974*, B.R.G.M.-TR, 74-JED-3, 56 p.
- (1975) Dimension stone in the Jeddah region, Al-Jumum granite, KSA, *B.R.G.M.-TR*, 75-JED-3, 16 p.
- Laurent, D. (1993) *Atlas of Industrial Minerals*, DGMR, Atlas, 136 p.
- Laurent, D., Al Habshi, A. and Raymond, C. (1975) Industrial rocks in the Riyadh area, contribution to an inventory of the resources, *B.R.G.M.-TR*, 75-JED-22, 86 p.
- Legendre, O. (1982) *Mineralogie et géochimie des platinoides dans les chromitites ophiolitiques. Comparaison avec d'autres types de concentrations en platinoides*. Thèse 3eme cycle (Ph.D. thesis), Université P. et M. Curie, Paris.
- Lhegu, L. (1981) Fluorite and Barite in Saudi Arabia, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open File Report BRGM-OF-01-30*, 29 p., 3 figs., 1 table.
- Lofts, P.G. (1982) A preliminary evaluation of the Baid al Jimalah tungsten prospect, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report RF-OF-02-21*, 223 p., 28 figs., 13 tables, 3 pls., 2 app., 1 photoplate.
- Luce, R.W., Baghdady, A. and Roberts, R.J. (1975) Geology of ore deposits of Mahd adh Dhahab district, western Saudi Arabia, *U.S. Geological Survey Project Report 195*, 29 p.
- MacLean, W.H. (1958) Report on the Nuqrah mines, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report 85*, 12 p., 4 ill.
- MacLean, W.H. and Khalek, A. (1962) Jabel ʿr Rockham magnesite deposits, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report 167*, 14 p., 2 figs., 2 pl.
- MacLean, W.H. and Shanti, A.M.S. (1958) Report on the ore deposits of the Al-Amar mining district, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report 87*, 70 p., 12 ill.
- Martin, C., Roberts, R.J. and Stoesser, D.B. (1979) Titaniferous magnetite in the layered intrusive complex at Lakathah, KSA, *USGS, Saudi Arabian Project Report 238*, 36 p.
- Mawad, M.M. (1980) Evaluation of the Wadi Mandahah ancient mine, Kingdom of Saudi Arabia, with a section on a geophysical survey by: Merghelani, H.M., *US Geological Survey Saudi Arabian Project Report 274*, 31 p.
- Meissner, C.R. and Ankary, A. (1972) Phosphate deposits in the Sirhan-Turayf basin, *DGMR Report of Investigation MRRI-2*, 27 p.
- Metz, K., Ertl, V., Fehleissen, F., Litscher, H. and Petschnigg, H. (1971) The geology of the Aqiq-Ablah and Wadi Bidah-Mahawiyah area [20/41] DGMR report TR-1971-2, 60 p., 22 fig., 4 pl.
- Mideast Industries Ltd. (1966) Salt production possibilities of the Jizan and Farasan island area, *Directorate General of Mineral Resources Open-File Report 279*, 13 p.
- Mytton, J.W. (1966) Geologic map of the Turayf phosphate area, 31/38-39, *DGMR Mineral Investigation Map MI-3*, Scale 1:100,000.
- Ono, T. (1976) Provisional estimation of ore reserves at the Jadmah prospect [19/41 B], *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources, Japanese Geological Mission Report TR-1976-3*, 9 p., 6 figs., 2 tables.
- Pellaton, C. (1975) Geology and mineral exploration of the Jabal Salajah quadrangle, 24/37 B, *BRGM Technical Record 75-JED-26*, 31 p., 2 pl., 2 ill., 2 apps.
- Petromin/Boliden (1986) Geological report of the Sukhaybarat East Mine. *Restricted Open-File Report*.
- Poloni, J.R. and Cheeseman, D.R. (1980) The Jadma copper-zinc deposits, A review, including 1975-1977 exploration results – wadi Shwas area, *Open-File Report DGMR-637*, 130 p.
- Prinze, W.C. (1983) Geologic map of the Al Qunfudah quadrangle DMMR, G.M.-70A.
- Qadi, T. (1990) *Petrogenesis and Mineralization of the Ghurayyah Pluton, Madyan, northwest Saudi Arabia*, Unpublished Ph.D. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, 279 p.
- Raguin, M. (1981) Synthesis of work and results of the Al Amar zinc-gold occurrence (1955-1976), *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-01-5*, 94 p.
- Ramsay, C.R. (1982) Geology and mineral resources potential of Pan-African granitoid rocks, Northern Midyan Region, KSA, *DMMR Open-File Report DGMR-OF-02-11*.
- (1986) Specialized felsic plutonic rocks of the Arabian Shield and their precursors, *J. Afr. Earth Sci.* 4: 153-168.

- Ramsay, C.R., Drysdall, A.R. and Clark, M.D. (1986) Felsic plutonic rocks of the Midyan region, KSA – Distribution, classification and resource potential, *J. Afr. Earth Sci.* 4: 63-77.
- Riddler, G.P., Khallaf, H. and Farasani, A.M. (1983) Exploration for phosphate in the Sirhan-Turayf region, Northwest Saudi Arabia, *DMMR Open-File Report RF-OF-03-22*, 12 p.
- Riddler, G.P., Van Eck, M., Aspinall, N.C., McHugh, J.J., Griffin, M.B. and Farasani, A.M. (1984) Sirhan-Turayf project, Lithostratigraphy of the Turayf group, *DMMR Open-File Report, RF-OF-04-02*.
- Riofinex (1979) An assessment of the mineral potential of part of the wadi Bidah district [20/41], KSA, *DGMR report, RF-1979-1*, 42 p., 12 fig., 5 tables, 3 app.
- Roberts, R.J., Rossman, D.L., Baghdady, A.Y., Conway, C.M. and Helaby, A.M. (1981) Iron sulfide deposits at wadi Wassat, Kingdom of Saudi Arabia, *U.S. Geological Survey, Saudi Arabian Mission Technical Record 17* (Interagency Record 372), 129 p.
- Sabir, H. (1975) Geology of the Jabal Sayid area, Kingdom of Saudi Arabia, *French Bureau de Recherches Geologiques et Minieres Technical Record, 75-JED-33*, 49 p., 5 figs., 2 tables, 4 plates, 5 maps, 1 section, 1 cross section, 1 pp.
- (1977) Ore mineralogy, ore textures and genesis of the Jabal Sayid sulfide deposit [23/40B], *KSA BRGM report 77-JED-11*, 39 p., 10 ill., 4 tables.
- (1979) Precambrian polymetallic sulfide deposits in Saudi Arabia and their metallogenic significance, in *Evolution and Mineralization of the Arabian Nubian Shield, KAU, FES, Bull.* (3), 2: 83-93.
- Sabir, H. and Labbe, J.P. (1985) Bi'r Tawilah tungsten prospect, Najd region; In: Felsic plutonic rocks and associated mineralization of the Kingdom of Saudi Arabia, *Mineral Resources Bull.* 29: 249-255.
- Shanti, M.M.S. (1982) *Geology and Mineralization of Ash Shizm, Jabal Ess area*, Ph.D. thesis, King Abdulaziz University, Faculty of Earth Sciences, Jeddah, 293 p.
- Sheldon, R.P. (1965) Discovery of phosphate rock in Saudi Arabia and recommended program for further study, *USGS Technical Letter 22*, 9 p.
- Shepherd, J.H. (1964) Prospecting for nuclear material in Saudi Arabia, June 1, 1963 - May 31, 1964, *Saudi Arabian Directorate General of Mineral Resources Open-File Report 243*, 163 p., 10 figs., 4 pl.
- Sigrist, K.F. (1968) Asbestos occurrences, Al Ayes area, Saudi Arabia, *BRGM Files Report S. 134, Hamdah area, Report S-135*.
- Smith, C.W. (1963) Geologic reconnaissance of the Mahawiyah-Mashuka area [20/41C], KSA, *DGMR-212*, 6 p.
- Smith, C.W. and Samater, R.M. (1984) Preliminary report on gold deposits at Mashaheed, Kingdom of Saudi Arabia, *DMMR Open File Report USGS-OF-04-29*, 38 p.
- (1985) Preliminary studies of gold deposits and a reconnaissance rock-chip sampling program, Al Khaymah region, Aban al Ahmar quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia, *Saudi Arabian Deputy Ministry of Mineral Resources Open-File Report USGS-OF-05-12*, 32 p.
- Smith, E.A., Barnes, D.P., Johnson, P.R., Bognar, B., Coarfield, L. and Scheibner, E. (1984) A review of the geology, mineralization and mineral resources potential of the Kingdom of Saudi Arabia, *Deputy Ministry of Mineral Resources, Open-File Report RF-OF-05-1*, 322 p.
- Spencer, C.H. (1986) The Khulays Bentonite Prospect, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF-06-10*, 54 p., 4 figs., 28 tables, 8 apps.
- Spencer, C.W. and Vincent, P.L. (1984) Bentonite resource potential and geology of the Cenozoic sediments, Jeddah region, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report BRGM-OF-04-31*, 60 p., 15 figs., 9 tables, 3 apps.
- Staatz, M.A. and Brownfield, I.K. (1984) Mineralogy of drill cores from Jabal Sa'id, *Saudi Arabian Deputy Ministry for Mineral Resources Open-File Report USGS-OF-04-37*, 16 p.
- Tayib, J. and Al Shanti, A.M. (1983) Geology and mineralization of north Musayna'ah, *Saudi Arabia, FES Bull. No. 5*: 105-119.
- Testard, J. (1983) Khnaiguiyah: a synsedimentary hydrothermal deposit comprising Cu-Zn-Fe sulfides and Fe Oxides in an ignimbritic setting, *KSA Open-File Report, BRGM-OF-03-9*, 106 p., 32 figs., 6 tables, 2 app.

- Testard, J., Tegey, M., Picot, Maury M. and Kosa, Kevitch M. (1980) Khnaiguiyah: Mineralization in an acid volcano – sedimentary environment, *King Abdulaziz University, FES Bull.* (3), 3: 79-97.
- Tompkins, F.V. (1968) The Jabal Sa'aban copper prospect [18/41B], KSA, *DGMR report PR-114*, 7 p.
- (1970) The Jabal Sa'aban copper prospect, *DGMR, Kingdom of Saudi Arabia, Mineral Resources Research 1968-1969*, pp. 26-27.
- U.S.B.M. (1989) *Mineral Year Book*, Dept. of the Interior Bureau of Mines, Vol. 3, area reports international.
- Van Eck, M., Riddler, G.P., McHugh, J.J. and Farasani, A.M. (1984) Sirhan-Turayf phosphate project: The discovery of a significant phosphate resource in the Al Jalamid area, *Open-File Report RF-01-04-19*.
- Viland, J.C., Billa, M., Couturier, P., Paupy, A., Kelber, J. and Sonnendruker, P. (1987) Review of gold mineralization in the Arabian Shield, KSA, *DGMR Open-File Report BRGM-OF-07-6*.
- Worl, R.G. (1977) Evaluation of the Umm al Khabath copper prospect, Jabal Ibrahim quadrangle, sheet 20/41 C, KSA, *DGMR report PR-213*, 42 p., 5 figs., 3 tables, 1 app.
- (1979) Ore controls at the Mahd Adh Dhahab gold mine, Kingdom of Saudi Arabia, in *Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield, King Abdulaziz University. I.A.G. Bull.* (3), 2: 93-107.
- Worl, R.G. and Flanigan, V.G. (1977) The Jabal Murrayyi copper prospect, Al Aqiq quadrangle, sheet 20/41 D, *DGMR report PR-212*, 18 p., 5 figs., 1 table.

ثبت المصطلحات

GLOSSARY

عربي - إنجليزي



Remobilization	إعادة تحريك زحزحة	Acicular	إبري
Depletion	إفقار	Traces	آثار
Mineralization economics	اقتصاديات تمعدن	Enrichment	إثراء ، إغناء
Ore economics	اقتصاديات خام ركاز	Supergene sulfide enrichment	إثراء تالٍ للكبريتيدات
Regional	إقليمي	Brine	أجاج
Oxidation	أكسدة	Agglomerate	أجلومريت
Economic potential	إمكانية اقتصادية	Reserve	احتياطي
Amalgam	أملجم مملغم	Available ore reserve	احتياطي خام متاح
Ore pipe	أنبوب خام	Proved ore reserve	احتياطي خام مثبت
Production	إنتاج	Possible ore reserve	احتياطي خام محتمل
Gradational	انتقالي تدريجي	Probable ore reserve	احتياطي خام ممكن مرجح
Subduction	انضواء	Macrofossil	أحفورة كبيرة
Cleavage	انقسام	Reduction	اختزال
		Rift	أخدود
		Slate	إردواز
		Matrix	أرضية ملاط
		Devitrification	إزالة التزجج
		Investment	استثمار
		Extraction	استخلاص
		Metallurgy	استخلاص الفلزات
		Recovery	استعاضة
		Exploitation	استغلال
		Synthetic	اصطناعي
		Ore genesis	أصل الخام الركاز



Pisolitic	بازلائي خنص		
Shaft	بئر منجم		
Exhalative volcanic	بركان زفيري		
Volcanogenic	بركاني الأصل		
Bronze	برونز		
Abrasion	بزي		
Breccia	بريشيا		
Crystal	بلورة		
Crucible	بوتقة		

Opencast mining	تعدين مكشوف	Pyrometasomatic	بيروميتاسوماتي
Erosion	تعرية	Stratabound	بين طبقية
Flotation	تعويم	Pumice	بيومس
Rock alteration	تغير الصخر		
Propylitization	تغير بروبيليتي		
Estimation	تقدير	Corrosion	تآكل
Crustification	تقشر	Post orogenic	تألي للتجبل
Imitation	تقليد	Volcanism	تبركن ، نشاط بركاني
Evaluation	تقييم	Lining	تبطين
Valency	تكافؤ	Sequence	تتابع
Tectonic	تكتوني	Succession	تتابع ، تسلسل
Polishing	تلميع ، صقل	Orogeny	تجبل
Telluride	تلوريد	Aggregates	تجمعات ركامية
Magmatic segregation	تمايز صهاري	Dike swarms	تجمعات فواطع
Mineralization	تمعدن	Differential weathering	تجوية متباينة
Surface mineralization	تمعدن سطحي	Subvolcanic	تحت بركاني
Stratiform mineralization	تمعدن متطبق متزامن	Submassive	تحت كتلي
Zoned mineralization	تمعدن منطوق	Beneficiation	تحسين
Zonation	تمنطق	Control	تحكم
Exploration	تنقيب	Calcination	تحميص
Mineral zoning	توزيع نطاقي للتمعدن	Regional metamorphism	تحول إقليمي
		Thermal metamorphism	تحول حراري
		Metasomatism	تحول ميتاسوماتي
		Percolation	تخلل
		Gradational	تدرجي
		Structures	تراكيب
		Cratonization	ترسخ
		Lamination	ترتق
		Decoration	تزئين
		Underlie	تتسل تقع أسفل
		Deformation	تشوه
		Bombardment	تصادم
		Solidification	تصلد
		Layering	تطبق
		Graded bedding	تطبق متدرج
		Overlying	تعتلي
		Underground mining	تعدين تحت سطحي
		Surface mining	تعدين سطحي

﴿ ر ﴾		Iron stone	حجر حديدي
Replacemnt deposit	راسب إحلالي	Cut stone (Ornamental stone)	حجر زينة
Metamorphic deposit	راسب تحولي	Gem stone	حجر كريم
Banded iron deposit	راسب حديد مشرط شريطي	Anticline	حذبة ، طية محدبة
Fissure filling deposit	راسب حشو	Assay limit	حد التحليل الكيميائي
Exhalative deposit	راسب زفيري	Cut-off grade	حد التعدين
Magmatic deposit	راسب صهاري	Contact	حد تماس
Sheet deposit	راسب فرشي	Cast-iron	حديد زهر
Sulfide deposit	راسب كبريتيدي	Pig iron	حديد غفل
Residual deposit	راسب متخلف	Refractory	حراري مقاومة للصهر
Stratiform deposit	راسب متطبق	Filling	حشومائي
Placer deposit	راسب مراقد	Diamond drilling	حفر ماسي
Mineral deposit	راسب معدني	Load	حمل
Craton	راسخ ، رسيخة	Biogenic	حيوي النشأة
Layer	راقة طبقة	﴿ خ ﴾	
Grade	رتبة	Ore	خام ، ركاز
Conglomerate	رصيص	Stockwork-like ore	خام الشبكة شبه العريقية
Continental shelf	رصيف قاري	Stockwork ore	خام الشبكة العريقية
Laminae	رقائق	Stringer ore	خام عريقي
Ore	ركاز خام	Massive ore	خام كتلي
Tar sand	رمل قطران	Disseminated ore	خام منشور
Flow banded rhyolite	ريوليت مشرط بالتريان	Slag	خبث
﴿ ز ﴾		Scrap	خردة
Angular	زاوي	Graben	خسيف
Mobilization	زحزحة ، تحريك	Cryptocrystalline	خفية التبلر
Exhalative	زفيري	Background	خلفية
﴿ س ﴾		Trench	خندق
Diamond drilling	سبر ماسي حفر ماسي	Stope	خندق منجم
Alloy	سبيكة	﴿ د ﴾	
Deep seated	سحيقية ، سحيقي	Softening point	درجة التلين
Oolitic	سرني بطروخي	Fusibility point	درجة الصهر
Conformity	سطح توافق	Plasticity	درجة اللدونة
Unconformity	سطح عدم توافق لاتوافق	Suture	درز التحام
﴿ ش ﴾		Fine grained	دقيق التحبب
Geochemical anomaly	شاذة جيوكيميائية	Volcanic cycle	دورة بركانية

Tight microfold	طية محكمة دقيقة	Stockwork	شبكة عرقية
Syncline fold	طية مقعرة	Stockwork-like	شبه شبكي عُرقِي
Mud	طين	Schist	شست
Drilling mud	طين حفر	Angular fragments	شظايا زاوية
		Rock fragments	شظايا صخرية
		Colloform	شكل غروي
		Impurities	شوائب
Plaster of Paris	عجينة باريس		
Lens	عدسة		
Vein	عرق		
Hydrothermal vein	عرق حرماي	Fluxing	صاهرة
Lode deposit	عرق خام تحتي واضح الحدود	Cement rock	صخر صناعة الأسمنت
Barren vein	عرق عقيم	Source rock	صخر المصدر
Composite veins	عروق مركبة	Host rock	صخر مضيف
Veinlet (stringer)	عُرِيق	Lithophile	صخري الميل
Barren	عقيم	Extension fault	صدع تمّدي
Element	عنصر	Shear fault	صدع قصّ تمزقي
Core specimen	عينة لب صخري	Clay	صلصال
Quartz eyes	عيون كوارتز	Valve	صمام
		Magma	صهار صهارة
		Magmatic	صهاري
		Chert, flint	صوّان
Gangue	غثّ ، غثّة		
Sieve	غربال		
Magma chamber	غرفة صهار		
Colloidal	غروي	Shallow	ضحل
Colloform	غروي الشكل		
Siltstone	غُرَيْن		
Overburden	غطاء	Stratigraphy	طباقية
Amorphous	غير متبلّر ، خفيّ التبلّر	Coal measures	طبقات حاملة للفحم
Heterogeneous	غير متجانس	Tuff	طف
		Oil shale	طفال النفط الزيت
		Lapilli tuff	طف لويبي
Volcanoclastic	فتات بركاي	Native	طليق
Coarse clastic	فتات غليظ خشن	Folding	طي
Epiclastic	فتات منقول	Fold	طيّة
Cavity	لمجوة تجويف	Monocline	طية أحادية الميل
Framboid	فرامبويد	Plunging fold	طية غاطسة
Sheet	فرشة ، فريشة	Anticline	طية محدبة حدبة
Metal	فلزّ	Tight fold	طية محكمة

❧ ❧

﴿ ق ﴾

(卩)

Caliche	كاليش
Sulfide	كبريتيد
Massive sulfides	كبريتيدات كتلية
Disseminated sulfides	كبريتيدات مشورة
Massive	كتلي
Podiform	كُرَيّ الشكل
Pod	كُرَيّة
Calc-alkaline	كلسقلي كلسقلوي
Calcic	كلسي
Waste dump	كومة نفاية

	﴿ ن ﴾		Banded	مشرط مخطط
Alteration product	ناتج تغير		Flow banded	مشرط بالتريان
By-product	ناتج ثانوي منتج		Associated	مصاحب
Rare	نادر		Hot source	مصدر حراري
Native copper	نحاس طليق		Faulted	مصدع
Stockwork texture	نسيج شبكي		Strike	مضرب
Flame texture	نسيج لهبي		Folded	مطوي
Ore genesis	نشأة الخام		Detergent	مطهر
Mining activity	نشاط تعديني		Secondary minerals	معادن ثانوية
Ionic radius	نصف قطريوني		Ore minerals	معادن الخام الركاز
Oxidation zone	نطاق أكسدة		Gangue minerals	معادن غثة
Contact zone	نطاق تماس		Fold hinge	مفصل طية
Mineralization zone	نطاق تمعدن		Micro inclusions	مكتنفات دقيقة
Shear zone	نطاق قص تمزق		Fluid inclusions	مكتنفات سائلة
Metasomatic zone	نطاق ميتاسوماتي		Condenser	مكثف
Isotopes	نظائر		Concoidal fracture	مكسر محاري
Meteorite	نيزك		Ore trap	مكمن خام
			Structural features	ملامح تركيبية
	﴿ ه ﴾		By-product	منتج جانبي ثانوي
Alteration halo	هالة تغير		Disseminated	مشور
Subsidence	هبوط		Ancient mine	منجم قديم
Hybrid	هجين		Exploration mine	منجم كشفي
			Depressions, deeps	منخفضات أعماق
	﴿ و ﴾		Exposure, outcrop	متكشف
Fossil fuel	وقود أحفوري		Construction materials	مواد بناء
			Polishing materials	مواد تلميع
	﴿ ي ﴾		Refractory materials	مواد حرارية
Percolate	يتخلل		Aggregate materials	مواد ركامية
Left lateral	يسارية ، يساري		Abrasive materials	مواد صقل تلميع
Refine	يكرر يصفي		Ceramic materials	مواد صناعة خزفية
Hot spring	ينبوع حار		Energy materials	مواد طاقة
			Insulating materials	مواد عزل
			Cement materials	مواد لائحة
			Fixing materials	مواد مثبتة
			Foliated	مورق
			Mineral occurrence	موقع تمعدن
			Metallogenic	ميتالوجيني

إنجليزي - عربي

[C]		[A]	
Calc-alkalic	كلسقلي ، كلسقلوي	Abrasion	بري ، سحج
Calcic	كلسي	Abrasive materials	مواد صقل ، مواد تلميع
Calcination	تحميص	Acicular	إبري
Caliche	كاليش	Agglomerate	أجلومريت
Cast-iron	حديد زهر	Aggregate	ركام
Cavity	فجوة ، تجويف	Aggregate material	مواد ركامية
Cavity filling	ماليء فجوات	Alkaline	قلوي قلبي
Cement	لحام ، أسمنت	Alloy	سبيكة
Cement material	مادة لاحمة	Alteration product	ناتج تغير
Cement rock	صخر صناعة الأسمنت	Alteration zone	نطاق تغير
Ceramic material	مواد صناعة خزفية	Amalgam	أملغم أملجم
Chert	صوان	Amorphous	عديم التبلر
Clay	صلصال	Angular	زاوي
Cleavage	انقسام	Angular fragments	شظايا زاوية
Cleavage plane	سطح انقسام	Anticlinal axis	محور طية محدبة ، محور خدبة
Coal measures	طبقات حاملة للفحم	Anticline	طية محدبة ، خدبة
Coarse clastics	فتات غليظ ، خشن	Associated	مصاحب
Colloform	غروي الشكل		
Colloidal	غروي	[B]	
Comagmatic	متأصل مع الصهار	Banded	مشرط ، مخطط
Composite veins	عروق مركبة	Banded iron formation	متكون حديد شريطي
Concentrate	مركز	Barren	عقيم
Conchoidal fracture	مكسر محاري	Barren quartz vein	عرق كوارتز عقيم
Concordant	متوافق	Base	قاعدة
Conformable	متوافق	Base metals	فلزات القاعدة
Contact	حد تماس	Basic	قاعدي
Contemporaneous	متزامن	Bedding	تطبق
Continental shelf	رصيف قاري	Bedding plane	مستوى تطبق
Core specimen	عينة لب صخري	Beneficiation	تحسين
Corrosion	تآكل	Biogenic	حيوي النشأة
Craton	راسخ ، رسيخة	Bombardment	تصادم
Cratonization	ترسخ	Breccia	بريشيا
Crucible	بوتقة	Brine	أجاج
Crust	قشرة أرضية	Bronze	برونز

Exploration mine

منجم كشفي

Crustification

تقشر

Cryptocrystalline

خفي التبلر

Crystalline

بلوري

Cut-off grade

حد التعدين

Cut stone

حجر زينة

[F]

Fault

صدع

Fault block

كتلة صدعية

Fault plane

مستوى صدع

Feasibility

جدوى

Feasibility study

دراسة الجدوى

Felsic

فلسي

Fibrous

ليفى

Filling

ماليء حشو

Fine grained

دقيق التحبب

Fissionable

قابل للانشطار

Fissure filling deposit

راسب حشو

Fixing

مثبت

Fixing material

مادة مثبتة

Flame texture

نسيج لمبي

Flotation

تعويم

Flow

فيض

Flow banded

مشرط بالسريان

Fluid inclusion

مكتنف سائل

Fluxing

صاهرة

Fold

طية

Fold axis

محور طية

Fold hinge

مفصل طية

Foliated

موزق

Footwall

حائط قدم

Fracture

شق كسر

Fusibility point

درجة الصهر

[G]

Gangue

غث

Gangue minerals

معادن غشة

Gemstone

حجر كريم

Generation

جيل

Geochemical anomaly

شاذة جيوكيميائية

Glazed

مزجج

Graben

خسيف

[D]

Decoration

تزيين

Deep

منخفضات أعماق

Deep seated

سحيقي

Deformation

تشوه

Depletion

إفقار

Depression

منخفض

Devitrification

إزالة التزجج

Diamond drilling

حفر ماسي سبرماسي

Differential weathering

تجوية متباينة

Dike swarm

تجمع قواطع جدد قاطعة

Disseminated

مشور، متناثر

Disseminated ore

خام مشور

Disseminated sulfide

كبريتيدات مشورة

Dome

قبة

Domal core

لب قبة

Drop (ore)

قطرة خام

Droplets (ore)

قطيرات خام

[E]

Economic potential

إمكانية اقتصادية

Element

عنصر

Enrichment

إثراء، إغناء

Erosion

تحات، تعرية

Estimation

تقدير

Evaluation

تقييم

Evaporites

متبخرات

Exhalative

زفيري

Exhalative deposit

راسب زفيري

Exhalative volcanic

بركاني زفيري

Exploitation

استغلال

Exploration

تنقيب

Load	حمل	Gradational	تدرجي
Lode deposit	عروق خام غني واضح الحدود	Grade	رتبة
		Graded bedding	تطبق متدرج
		Greisen	جريزن
[M]		[H]	
Magma	صهار، صهارة	Heterogeneous	غير متجانس
Magmatic	صهاري	Homogeneous	متجانس
Magma chamber	غرفة صهارة	Homocline	موحد الميل، متجانس الميل
Magmatic deposit	راسب صهاري	Hot source	مصدر حار
Magmatic segregation	تمايز صهاري	Hybrid	هجين
Massive ore	خام كتلي	Hydrothermal vein	عروق حرماثي
Massive sulfides	كبريتيدات كتلية		
Metal	فلز		
Metallic	فلزي		
Metalliferous	فلزي الشكل		
Metallogenic	ميتالوجيني		
Metallurgy	استخلاص الفلزات		
Metamorphic deposit	راسب تحول		
Metasomatism	ميتاسوماتي		
Metasomatic zone	نطاق ميتاسوماتي		
Meteorite	نيزك		
Microinclusions	مكتنفات دقيقة		
Mineral deposit	راسب معدني		
Mineral occurrence	موقع تمعدن		
Mineralization economics	اقتصاديات تمعدن		
Mineralization zone	نطاق تمعدن		
Mineral zoning	توزيع نطاقي للتمعدن		
Mining	تعدين		
Mining activity	نشاط تعديني		
Mobilization	تحريك، زحزحة		
Monocline	طية أحادية الميل		
[N]		[K]	
Native	طليق		
Native gold	ذهب طليق		
Native silver	فضة طليقة		
[O]		[L]	
Oil shale	طفال النفط، طفال الزيت		
Oolitic	سرثي، بطروخي		

Pumice	بيومس	Opencast mining	تعددين مكشوف سطحي
Pyrometasomatism	تحول بيروميتاسوماتي	Ore	خام ، ركاز
[Q]			
Quarry	مُحجر	Ore body	جسم خام
Quartz eyes	عيون كوارتز	Ore economics	اقتصاديات الخام
Quartz vein	عرق كوارتز	Ore genesis	أصل الخام
[R]			
Rare	نادر	Ore lode	عرق خام واضح الجوانب أو مجموعة عروق
Recovery	استعاضة	Ore pipe	أنبوب الخام
Reduction	اختزال	Ore pocket	جيب الخام
Refine	يصفي ، يكرر	Ore minerals	معادن الخام
Refractory	حراري مقاومة للصهر	Ore trap	مكمن الخام
Regional	إقليمي	Orogeny	تجبل
Regional metamorphism	تحول إقليمي	Overlying	تعتلي
Replacement	إحلال ، إبدال	Oxidation	أكسدة
Replacement deposit	راسب إحلالي	Oxidation zone	نطاق أكسدة
Remobilization	إعادة تحريك ، زحزحة	[P]	
Reserve	احتياطي	Paleo-	قديم
Rift	الحدود	Peraikaline	فوق قلوي
Rock alteration	تغير الصخر	Percolation	تخلل
Rock fragments	شظايا صخر	Pig iron	حديد غُفل
[S]			
Salt dome	قبة ملحية	Pisolite	بازلاني ، حمصي
Scarp	جُرف	Placer deposit	راسب مراقد
Schist	شست	Plasticity	لدونة
Scrap	خردة	Plaster of Paris	عجينة باريس
Secondary minerals	معادن ثانوية	Plunging anticline	حذبة غاطسة
Series	تسلسل	Pluton	محقون جوفي
Sequence	تتابع	Plutonic	جوفي
Shaft	بئر منجم	Pod	كرة ، كرية
Shallow	ضحل	Podiform	كري الشكل
Shear fault	صدع قص ، صدع تمزق	Polishing	صقل ، تلميع
Shear zone	نطاق قص ، نطاق تمزق	Porous	مسامي ، نفاذي
Sheet	- فرشاة ، فريشة	Possible reserve	احتياطي محتمل
Sheet deposit	راسب فريشي	Post-orogenic	تالي للتجبل
		Precious metal	فلز نفيسي
		Probable reserve	احتياطي ممكن مرجح
		Production	إنتاج
		Propylitization	تغير بروبيليتي
		Proved reserve	احتياطي مثبت

Tectonic	تكتوني	Sieve	غربال
Telluride	تيلوريد	Sill	جُدّة متوافقة
Thermal metamorphism	تحول حراري	Siltstone	حجر غرين
Tight fold	طية محكمة	Slag	خبث
Tight microfold	طية محكمة دقيقة	Slate	أردواز
Traces	آثار	Softening point	درجة التلين
Trench	خندق	Solidification	تصلد
Tuff	طف	Source rock	صخر المصدر

[U]

Ultrabasic	فوق قاعدي	Stockwork	شبكة عرقية
Ultramafic	فوق مافي	Stockwork-like	شبه شبكي
Underground mining	تعددين تحت سطحي	Stockwork ore	خام شبكي
Underlying	تسفل تقع أسفل	Stockwork texture	نسيج شبكي

[V]

Valency	تكافؤ	Stope	خندق منجم
Valve	صمام	Stratabound	بين طبقية
Vein	عرق	Stratiform mineralization	تعددين متطبق متزامن
Veinlet	عُرَيْق	Stratiform deposit	راسب متطبق
Volatiles	متطايرات	Stratigraphy	طباقية ، تطبق
Volcanic cycle	دورة بركانية	Strike	مضرب
Volcanic flow	فيض بركاني	Stringer	عُرَيْق
Volcanism	تبركن ، نشاط بركاني	Stringer ore	خام عُرَيْقي
Volcanoclastic	فتات بركاني	Structure	تركيب
Volcanogenic	بركاني الأصل	Structural features	ملامح تركيبية

[Z]

Zonal	نطاقي	Subduction	انضواء
Zonation	تمنطق	Submassive	تحت كتلي
Zone	نطاق	Subvolcanic	تحت بركاني
Zoned	ممنطق	Succession	تتابع ، تسلسل

[T]

Tar sand	رمل قطران
----------	-----------

كشاف المؤلفين AUTHOR INDEX

- | | |
|---|--|
| <p>Bege, V.B. ف. بيج ١٧٣</p> <p>Berge, J.W. ج. بيرج ٢٤٨</p> <p>Berton, Y. ي. برتون ٢٥٩</p> <p>Bhutta, M.A. محمد هوتا ٢٢٩</p> <p>Billa, M. م. بيللا ٢٧</p> <p>Black, R.Y. ر. بلاك ١١٥، ١١٤</p> <p>Bognar, B. ب. بوجنر ٨٠، ٧٩، ٧٦، ٦٦، ٥٤، ٣٠، ٢
١١٦، ١١٥، ١١٤، ٨٢</p> <p>Bokhari, B. مدني بخاري ٢٢٣، ٢٢٢</p> <p>Bowden, R.A. ر. بودين ٦١، ٥٣، ٥٢</p> <p>British Steel Corporation. مؤسسة الصلب البريطانية ١٣١،
١٣٥، ١٣٣، ١٣٢</p> <p>Brobst, D.A. دونالد برويست ٢٣٢</p> <p>Brosset, R. ر. بروست ٢٢٢، ٥٩</p> <p>Brownfield, I.K. آي. براونفيلد ١٧٠، ٥، ٢</p> <p>Brown, G.F. جلين براون ٣٦</p> <p>Cartier, A. أ. كارتير ٢١٥</p> <p>Cassard, D. د. كاسارد ٤٥</p> <p>Cater, T.W. ت. كيتير ٨١</p> <p>Cheeseman, D.R. د. تشيزمان ٧٠</p> <p>Chevremont, P. ب. شيفريمونت ١٢٨، ١٢٧، ٤٥
١٧٣، ١٥٠</p> <p>Clark, M.D. م. كلارك ١٧٤</p> <p>Coarfield, L. ل. كورفيلد ٧٩، ٧٦، ٦٦، ٥٤، ٣٠، ٢
١٣٥، ١١٦، ٨٤، ٨٢، ٨٠</p> <p>Cole, J.C. ج. كول ١٥٩، ١٥٤</p> <p>Conreux, J. جاك كونرو ٢٢٤، ٦٧</p> <p>Conway, C.M. سي. كونواي ٢٤٤</p> | <p>Abdulziz, M.I. مكّي عبد العزيز ١٢٥، ١٢٤</p> <p>Abdulhady, G. ج. عبد الهادي ٢٧</p> <p>Achard, D. د. أشارد ٦٥</p> <p>Afifi, A.M. عبد القادر عفيفي ٢٠، ١٩</p> <p>Ahmad, M.S. محمد سهل أحمد ٦١، ٦٠</p> <p>Alabouvette, B. ب. الأوفيت ١٧٣، ١٢٧</p> <p>Al-Fotawi, B.A. بشير الفتاوي ١٧٧</p> <p>Al-Habshi, A. أ. الحبشي ٢٥٩</p> <p>Al-Koulak, M.Z. محمد زياد الكولك ١٧٣، ١٧٢، ٨٢</p> <p>Allecot, G.H. ج. هـ. الكوت ١٠٨، ١٠٧</p> <p>Al-Sari, A.M. عبد القادر السري ٢٢</p> <p>Al-Shanti, A.M. أحمد محمود الشنطي ٣٨، ٣٧، ٣٤، ٢٢
١٠٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٥٩، ٤١، ٤٠
١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٠٦
١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٨، ١٤٦، ١٤٠
٢٣٦، ٢٣٥، ٢٣٤، ١٥٣</p> <p>Ankary, A. عبد الله العنقري ٢٤٨</p> <p>Artignan, D. د. آرتيجنان ٢٧</p> <p>Ashworth, K.L. ك. آشورث ١٢٥، ١٢٤</p> <p>Aspinall, N.C. ن. اسپينال ٢٤٧</p> <p>Backer, H. هـ. بيكر ٩٥، ٩٤</p> <p>Bagdadi, A.J. عبد العزيز بغداددي ٢٥٨، ٢٥٦</p> <p>Baghdady, A. عبد العزيز بغداددي ٢٤٤، ٣</p> <p>Bardossy, G. ج. باردوسي ١١٤</p> <p>Barnes, D.P. د. بارنز ٨٠، ٧٩، ٧٦، ٦٦، ٥٤، ٣٠، ٢
١١٦، ١١٥، ١١٤، ٨٤، ٨٢</p> <p>Bateman, A.M. آلان بيتان ٣</p> <p>Bayly, R.W. د. بايلي ٩٠</p> |
|---|--|

Hedge, C.E.	كارل هيدج ١٥٩	Cottard, F.G.	ف. كوتارد ٢٧
Helaby, A.M.	أ. هلابي ٢٤٤	Coumon, A.	أ. كومون ٢٧
Henry, B.	ب. هنري ٢٢٧	Couturier, P.	ب. كوتوريير ٢٧
Higashimoto, S.	سي. هيجاشيموتو ١٢٧	Dader, P.	ب. داديت ٢٢٧
Hisaok	هيسوك ٢٨، ٢٧، ٢٦	Dairi, G.K.	غازي ديري ١٦٠
Hopwood, T.	هوبود ٥١	Davis, G.R.D.	ج. ديفيز ١٧
Huckerby, J.A.	جي. هكربي ١٨، ١٧	Delfour, J.	جاك دلفور ١٥٠، ٦٧، ٦٢، ٤٣، ٤٢، ٢٣
Hussein, A.A.	عبدالعزیز حسين ٥٩		٢٢٢، ٢٢١، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧
Idris, M.H.	ماهر إدريس ١٠٣، ٨٨، ٢٢	Dirom, G.A.	ج. ديروم ١٦
Igarashi, T.	ت. إجاراشي ١٧٣، ١٢٧، ١٢٦، ٧٢	Dodge, F.C.W.	ف. دودج ١٥٤، ١٤٤
Jackaman, B.	باري جاكمان ٧٩، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣	Donzeau, M.	م. دونزو ٥٧
Jack, J.	جي. جاك ٢٤٨	Douch, C.J.	سي. داوش ١٧٨، ١٧٤، ١٧٠، ١٦٣
Jackson, N.J.	نورمان جاكسون ١٦٣، ١٦٠، ١٥٩، ١٥٦	Drysdall, A.R.	أ. درايزديل ١٧٩، ١٧٨، ١٦٤، ١٦٣
	١٨٢، ١٨١، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٤	duBray, E.A.	إي. دوبراي ١١١، ١١٠
Jackson, R.O.	روي جاكسون ٢٦	Duhamel, M.	م. دوهايل ٦٧، ٦١
Jensen, M.L.	م. جنسن ٣	Earhart, R.L.	ر. إيرهارت ٨٩، ٨٨، ٨٦، ٧٨، ٧٧، ٧٤
Johan, Z.	ز. جوهان ١٧٣، ١٥٠، ١٤٥، ١٢٨، ١٢٧، ٧٦	El-Mahdy, O.R.	عمر المهدي ١٤٦، ٦٨، ٦٧، ٥٩، ٢٢
Johnson, P.R.	بيتر جونسون ٦٦، ٥٤، ٣٠، ٢٦، ٢		١٨٥، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٤٨
	١٣٥، ١١٦، ٨٤، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩	Elsass, P.	ب. إلزاس ٦٦، ٦٥، ٣٧
Kato, K.	ك. كاتو ٧٠، ٢٨، ٢٧	Ertl, V.	في. إيرتل ٨٥، ٨٤
Kattan, F.H.	فائق قطان ١٥٠	Farasani, A.M.	أ. فرساني ٢٤٧
Kelber, J.	جيز كيلبر ٢٧	Fehleissen, F.	ف. فهلين ٨٥، ٨٤
Kellog, K.	ك. كيلوج ١٧٢	Fenton, M.D.	م. فنتون ١٥٤
Kemp, J.	جون كمب ١٤	Flanigan, V.J.	في. فلانيجان ٨٤، ٨٣، ٧٩، ٧٦، ٧٤
Kevitch, M.	م. كيفيتش ٢٢٧	Fujii, N.	ن. فوجي ٢٠٣، ٧١، ٧٠، ٢٨، ٢٧، ٢٦
Khalek, A.	عبد الخالق ٢٢٤	Gass, I.G.	إيان جاس ١٥٢
Khallaf, H.	حامد خلاف ٢٤٧	Gazzaz, A.R.	عبد الوهاب قزاز ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤
Kiilsgaard, T.H.	ثور كلزقارد ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤، ٤١، ٣٤	Goldsmith, R.	ر. جولدسميث ٨٦، ٨٤، ٨٢
Kluyver, H.M.	ه. كلويفر ٢٣٧	Gonzales, L.	لويز جونزاليس ١٤٥
Komi, K.	ك. كومي ٢٨، ٢٧، ٢٦	Goto, H.	ه. جوتو ٧٢
Kosa, K.M.	ك. كوسا ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١	Greene, R.C.	ر. جرين ٣٢، ٢٩
Kuwagata, H.	ه. كواجاتا ٢٨، ٢٧	Greenwood, W.R.	وليم جرينوود ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤، ٢٦
Labbe, J.P.	ج. لابي ١٥٤	Griffin, M.B.	م. جريفن ٢٤٧
Last, B.J.	ب. لاست ٣٠	Gros, Y.	واي. جروس ١٤
Laurent, D.	د. لوران ٢٥٨، ٢٥٦، ٢٥١، ٢١٩، ٢١١	Hacket, D.	د. هاكيت ١٧٠، ١٦٩، ١٦٣، ٣٢
	٢٦١، ٢٦٠، ٢٥٩	Hakim, H.D.	هاشم حكيم ٢٠، ١٨، ١٧
Lefevre, J.C.	جاك لوفيفر ٢٢٧	Hassan, M.A.	م. حسن ٥٩
Lhegu, L.	ل. ليجو ٢٣٣، ٢١٤	Hazza, A.	أ. هزاز ٢٥٨

- Riddler, G.P. ج. ردلر ٢٤٧
 Riofinix ريوفينكس ٧٩، ٧٦
 Roberts, R.J. رالف روبرتس ١٧٣، ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤، ٣، ٢٤٤
 Rossman, D.H. د. روسمان ٢٤٤، ١٤٤
 Rusbichon, Rh. ر. روسبيشون ٢٧
 Ryder, J.M. ج. رايدر ٢٣٧
 Sabir, H. حسين صابر ١٥٤، ٥٧، ٥٣، ٥٢، ٥١
 Samatar, R.M. ر. ساماتر ١٦٠، ١٥٩، ١١١، ٣٠
 Scheibner, E. ا.ي. شايبر ٧٩، ٧٦، ٦٦، ٥٤، ٣٠، ٢، ١٣٥، ١١٦، ٨٤، ٨٢، ٨٠
 Shanti, M.M.S. محمد شنتي ١٥٠، ٥٦
 Sheldon, R.P. ر. شيلدون ٢٤٥
 Shepherd, J.H. ج. شيرد ٥١
 Sigrist, K.F. ك. سيجريست ٢٢٧
 Smith, C.W. سي. سميث ١٥٩، ١٥٤، ١١١، ٦٣، ٥٢، ٣٠، ١٧٤، ١٦٠
 Smith, E.A. ا.ي. سميث ٨٠، ٧٩، ٧٦، ٦٦، ٥٤، ٢، ١٣٥، ١١٦، ٨٤، ٨٢
 Sonnendrucker, P. بي سونندروكر ٢٧
 Spencer, C.W. سي. سبنسر ٢٣٧، ٢٣٤، ٢٠٤
 Staatz, M.A. م. ستاتز ١٧٠، ٥٢
 Stoeser, D.B. دوجلاس ستوسر ١٧٣
 Tayib, J. جمال طيب ٦٤، ٦٣، ٦٢
 Tegey, M. م. تيغي ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١
 Testard, J. ج. تستارد ١٤٢، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١
 Tompkins, F.V. ف. تومبكنز ٨٩
 Tringuard, R. ر. ترنجارد ٢٧
 U.S.B.M. مكتب التعدين بالولايات المتحدة ١١
 Vadala, P. بي. فادالا ٢٧
 Vaillant, F.X. ف. فالانت ١٨٥
 Van Eck, M. م. فان إك ٢٤٨، ٢٤٧، ٢٣٧
 Viland, J.C. ج. فيلاند ٢٧
 Vincent, P.L. بي. فينسنت ٢٣٤، ٢٠٤
 Watson, A.D. أ. واتسن ١١٥، ١١٤
 Worl, R.G. ر. وورل ٧٩، ٧٦، ٧٤، ٣١، ٢٠، ١٨، ١٦، ٨٤، ٨٣
 Litscher, H. ه. ليتشر ٨٥، ٨٤
 Lofts, P.G. بي. لوفتس ١٥٧، ١٥٦، ١٥٥
 Lozej, G.P. ج. لوزج ١١٤
 Luce, R.W. ر. لوس ٢٠، ١٦، ١٤، ٣
 MacLean, W.H. والاس ماكليين ٢٢٤، ٤١، ٢١
 Maddah, S.S. سامي مذاح ١١٤
 Martin, C. كونراد مارتن ١٧٣
 Maury, M. م. مسوي ١٠٤، ١٠١
 Mawad, M.M. مصطفى معوض ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٤، ٨٢، ٧٩
 McHugh, J.J. ج. ماكهيو ٢٤٧
 Meissner, C.R. أ. مايزنر ٢٤٨
 Merghalani, H.M. حبيب مرغلاني ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤
 Metz, K. كارل متز ٨٥، ٨٤
 Mideast Industries Ltd. صناعات ميد إيست المحدودة ٢٤١
 Milesi, J.P. ج. ميليسي ٦٦
 Moore, J.M. جون مور ١٧
 Mytton, J.W. جيمس ميتون ٢٤٥
 Naqvi, M. م. نقبي ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤
 Ono, T. ت. أونو ٧٢
 Oskoui, R.M. ر. أوسكوي ٣٠
 Paupy, A. أ. بوي ٢٧
 Pellaton, C. سي. بيلاتون ١٧٣، ١٢٧
 Petromin-Boliden بترومين-بوليدن ٤٢، ٢٦، ٢٥
 Petschnigg, H. ه. بيتشنيق ٨٥، ٨٤
 Picot, M.M. م. بيكوت ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١
 Poloni, J.R. ج. بولوني ٧٠
 Pouit, G. ج. بويت ٦٦
 Pratt, W.P. دبليو. برات ٢٣٢
 Preussag برويساج ٩١
 Prian, J.P. ج. بريان ١٤
 Prinze, W.C. دبليو. برنز ٨٧
 Puffet, W.P. دبليو. بوفيت ٨٤، ٧٩، ٧٦، ٧٤
 Qadi, T. طلال قاضي ١٦٨
 Raguin, M. م. راجوان ٢٢
 Ramsay, C.R. كولن رمزي ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٤، ١٦٣
 Raymond, C. ريموند ٢٥٩
 Richter, H. ه. رشت ٩٤

كشاف المواقع

LOCALITY INDEX

اسم الموقع

(أ)

أبقيق ٢٠٨

ابن سَرار - بئر ١٩٩

أبها ٢٣٠، ٢٥٨

أبو بكر - جبل ١٩٩

أبو جبّاق ١٧٥

أبو حiale ١٧٧، ١٧٨

أبو خرّق - جبل ١٨١

أبو الدود ١٧٥

أبو عريس ٢٦٦

أبو مرو - جبل ٢٠٠

أبو وزّة - جبل ٢٠٠

أبيار بني مرّ ٢٠٠

إثرة ٢٤٢

أجا - جبل ٢١٥

أحد (ال) - وادي ٢٣١

أحمر (ال) - جبل ١٧٥

إدساس - جبل ١٠٠، ١١٩، ١٢١، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٩

إدمة - بئر ١٢١

أزهر (ال) - جبل ٨٢

إس - جبل ١٥٠، ١٥١، ١٥٢

إشماس (جبل) ٢٩، ٣١

أطلنطس - منخفض (٩٠ - ٩٧)، ١٦٢

اللّدم ٢٠٤

أمار (ال) ١٣، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٣٥، ٥٠، ١٠٠، ٢٣١، ٢٥١

أم البرك ١٧٥، ١٧٩

أم جرّاد (٢٣٣ - ٢٣٥)

أم جرفان ١٨٥

أم الخبث ٨٣

أم الدّمار ٢، ٦٠، ٦١، ٦٢

أم سقيان - جبل ١٧٠

أم الشّلاهيب ٥٨، ٥٩

أمطيرة ١٣، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢

أم الغربان ٢١٧

أمّلج ٩٩، ١٢١، ١٤٢

أم حويد - خشم ٢٠٩

أم وُعال ٢٤٥

إيتان - وادي ١٩٠

(ب)

باحة (ال) ٧٤، ٨٠، ٨١

باغم - جبل ١٦٦، ١٧٥

بتران - جبل ١٧٥، ٢٢٧

بدائع الجمال (١٥٤ - ١٥٦)

بدع (ال) ٢٤٣

بريدة ٢٠٨، ٢٢٨

بُشرى - جبل ٢١٥

بقية ١٨٥

بيدة - وادي ٣٥، ٧٢، ٧٣، ٧٤، ٨٥، ١٨٧

بيّة ١١٠، ١٨٠

بير عسكر ٢٥٣، ٢٥٨

بُيُون - جبل ٢١٥

(ت)

تَبُوك ١٩٧، ٢٠٤، ٢٠٧، ٢٠٨، ٢٢٨

تَثْلِيث ٢٢٦

تَشِين - منخفض ٩٥

تَرَبَّة - وادي ٢٥٣، ٢٦٠

تِيرَان - جبل ٢١٥

تَيْس - جبل ١٥٠، ١٥٢، ٢٢٧

(ث)

تُرْبَان - وادي ٧٦

تُلْمَان - جبل ٢٦٦

تُنِّيَات - (ال) ١٩٧، ٢٤٥

(ج)

جَاهِلِيَّة (ال) ٢٠٤

جُبَّ (ال) ٢٦٦

جَبَلَات ١٨٧

جَبِيل (ال) ٢٠٤، ٢٢٨

جَدَايِر (ال) ١٤٤

جَدْمَة (ال) ٣٥، ٦٩، ٧٠

جُدَيْيَة العفر ٢١٥

جَعْلَانِي (ال) ٣٥، ٢٠٠، ٢٥١

جَلَامِيد (ال) ٢٤٥

جُمُوم (ال) ١٣٩، ٢٥٣، ٢٥٨

جُوف (ال) ٢٢٨

جيزان ٢٠٨، ٢٠٩، ٢٤٠

(ح)

حَايِل ٢١٥

حَبَّة - جَبَل ٢١٥

حَجَّار (ال) ١٣، ٢٦، ٢٨، ٦٩

حَسْمَة - هَضْبَة ٢٠٤، ٢١٥

حُسَيْرَة (ال) ٢٠٤

حُفَيْرَة (ال) - سَهْل ٢٠٤، ٢١٥

حُقْبَان ١٧٥، ١٨٣

حُلَيْفَة (ال) ٢٠٤، ٢٣٧

حَمَاط (جَبَل) ٢٥١

حَمَرَاء (ال) - شَعْبَة ٦٩، ٧٢

حَمَرَاء (ال) - جَبَل ١١٩، ١٢١، ١٧٥، ١٨٦

حَمْضَة (ال) ٢٢٦

حُمَيْمَة - بَثْر ٢٠٤

حُوَارَة (ال) شَعْب ٦٥، ٦٦

حَيَّان - وَادِي ١٢١، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٧، ١٧٣

(خ)

خَانُوقَة ٢٥٣، ٢٦٠

خَرَّار (ال) - وَادِي ٢٠٠، ٢٦٦

خَرْج (ال) ٢٠٤، ٢٠٩

خَشْبَان الحَاوِي ٢١٩

خُشَيْم رَضِي ٢٠٤

خُشَيْرْمَة - وَادِي ١٦١

خَفْجِي (ال) ٢٠٨

خُلَيْص ٢٠٤ ، ٢٣٤

خُمَال - وادي ٤٥ ، ١٢١ ، ١٢٧ ، ١٢٨ ، ١٤٣ ، ١٤٥ ، ١٦١ ، ١٧٣ ، ٢٢٧ ، ٢٣١ ،

٢٥٣ ، ٢٥٩

خُمْرة ٢٦٦

خميس (ال) - سوق ٩٠

خميس مُشَيِّط ١٩٩ ، ٢٣٠

خُنَيْقِيَّة (ال) (١٠٠ - ١٠٤) ، ١٤٢

خُوَار (ال) - جبل ٢٥٣ ، ٢٦١

(د)

دَحُول - جبل ١٧٠

دُغَم (ال) ٢٠٤ ، ٢٢٨

درب سعد ٢٠٤

دُمَّة (ال) ١١٠ ، ١٨٠ ، ١٩٩

دَمَّام (ال) ٢٠٤

دَوَادِمِي (ال) ٢ ، ٣٥ ، ٣٨ ، ٢٥١

ديسكفري ٢٥

(ذ)

ذات الرُّجُوم ٢١٥

(ر)

رَايَغ (٢٠٧ - ٢٠٩) ، ٢٣٣ ، ٢٣٥

راكان ٢٥٩

رَاكَة (ال) ٢٤٣

رَاوَة - وادي ١٨١ ، ٢٢٧

رَبْد (ال) - جبل ١٧٨ ، ١٧٩

رَبْدَان (٧٣ - ٧٥)، ٨٥
 رُبْع الخالي (ال) ١٩٦
 رُخَام (ال) - جبل ١٨٤، (٢٢٢ - ٢٣٠)
 رُخَيَّات السوداء ٢٠٤
 رَدَادِي (ال) - جبل ١٧٩
 رُدَيْنِيَّة (ال) ٣٦، ٣٩، ٩٩، ١٠٠، (١٠٤ - ١٠٦)
 رُغَامَة - جبل ٢٣٣
 رَتَامَة ١٨٣، ٢٢٨
 رَقَب (ال) - جبل ٢١٥
 رَوْضَة (ال) ٢١٥
 رِيَاض (ال) ٣٥، ١٩٦، ٢٠٨، ٢٥٣، ٢٥٩
 رَيْن (ال) ٢٥١

(ز)

زُبَيْرَة (ال) (١١٣ - ١١٦)، ٢٠٢، ٢٠٤
 زُغْبِيَّة (ال) ٢٠٤
 زُلْفِي (ال) ١٩٦
 زُهْد (ال) - جبل ١٧٧، ٢١٥
 زُهْرَة (ال) ٣٥

(س)

سَحْلُولَة ١٣٤
 سَدَادَة ١٦٠
 سَرَاة بِيْشَة ١١٠، ١٨٠، ١٨٣
 سَرْحَان - وادي ١٧٧، ٢٤٥، ٢٤٦، ٢٤٧
 سَرَوَات (ال) - جبل ١٢١
 سِلْسِلَة (ال) - جبل ١١٠، ١١١

سَلْمَى (جبل) ٢٦٦
 سَلْيَكِيَّة (ال) ١٣٦، ١٣٧، ١٣٩
 سَمَر - جبل ٢٦٦
 سَمْرَة ٢، ٣٩، ٤٠، ٢٠٠
 سَمِيرَة ٣٩
 سَنَام ٢١٧
 سَنَفَة (ال) - جبل ١٣٤
 سَهَامِي (ال) - جبل ٢٠٤
 سَهْلِيَّة (ال) ١٨٥
 سَوْت (ال) ٣٥، ٨٥
 سُودَة - جبل ٢٠٠

(ش)

شَامَة - جبل ٢١١
 شَايِب (ال) - جبل ١٠٠، ١٠١، ١٠٧، ٢١٩
 شَايِع - جبل ١٢١
 شِدَارَة - جبل ٢١٥
 شَرْمَة (ال) ١٢٩، ١٣١
 شَرُورَة ١٩٦
 شَرْم (ال) (٥٥ - ٥٧)، ١٥٠
 شَعْب الطير ٧٤، ٧٦، ٧٧، ٨٥
 شَعْبَة (ال) - وادي ١٩٩
 شَعِيلَة ٢٣٣
 شَمَيْسِي (ال) ١٢١، ١٣٥، ١٣٧، ١٣٩، ١٤٠
 شَهْبَا (جبل) ٢٠٤
 شَوَاص - وادي ٦٩، ٧٠، ٧١
 شَيْسَة - وادي ٨٩

(ص)

- صايد - جبل (٥٠ - ٥٤)، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٥، ١٧٧، ١٧٨، ١٧٩، ٢١٥
 صبحة - جبل ١٧٠
 صُخَيْرَات (ال) ١٣، ٢٤، ٢٥
 صُخَيْرَة ٢١٥
 صَرَبُون - جبل ٨٩
 صَعْبَان - جبل ٨٩
 صَعْدَة - وادي ٦٥، ٦٦
 صَفْر (ال) ٨٥
 صَفْرَة (ال) ٢، ٦٧، ٦٨
 صَفُورَة ٢٠٤
 صَقْرَة ١٦١
 صَوَاوِين - وادي ١٢٠، ١٢١، (١٢٩ - ١٣٤)

(ض)

- ضُبَا ٢٠٧
 ضُرْمَة ٢٠٤

(ط)

- طائف (ال) ٢٠٠
 طاولة - جبل ١٧٠، ١٧٥، ١٧٧
 طَرَبَان - جبل ١١٠، ١٨١، ١٨٢
 طَرِيف ١٧٧، ٢٤٥
 طُلُوحَة ١٥٠، ١٥٢
 طُوال البشر ١٢١
 طُوالَة (ال) - جبل ١٧٨، ١٧٩، ٢١٥

طويلة - بئر ١١٠
طويل الكبريت ٢٠٩
طينيات (ال) ٢٠٤

(ظ)

ظَرْغَط ١٨٤ ، ٢٢٠ ، ٢٢١ ، ٢٢٤
ظَلَم ٢ ، ٣ ، ١١٠ ، ١٧٠ ، ١٧٧
ظيلان - جبل ٩٩ ، ١٠٠ ، ٢٣٣

(ع)

عَبْلَة ١٥٩ ، ٢٠٠ ، ٢١٤
عَبِيد (ال) - جبل ١٨٥
عُثْرَان ١٨٣
عَرْجَا ٣٥ ، ٢١٩
عَرْقَانَة (ال) - طور ٢٠٤
عَرْقَة ٢٤٥
عَرِيض (ال) ١٩٦
عَسْفَان ٢٠٤ ، ٢٣٤
عُشْ كَامِب ١٨٥ ، ١٨٨
عَطْشَانَات - وادي ٢٠٤
عَقِيف ٢٦١
عَقِيق (ال) ٢١٥
عُمُق - بئر ٢٢٧ ، ٢٣١
عُوجَة - جبل ١٧٨ ، ١٧٩ ، ٢١٥
عُويْمَة ١٨٧
عُويْنْد (ال) ١٥٠ ، ١٥١ ، ١٥٢
عَيْس (ال) ١٤٦ ، ١٤٨ ، ١٤٩ ، ٢٢٦

عين دار ٢٠٤

(غ)

غاط (ال) ١٩٦

غُرْب - جبل ٢٢٧

غوانين - جبل ٢٠٤

غُرَيَّة (ال) ١٦٥ ، ١٧٥ ، ١٧٧ ، ١٧٩

غُزْلان - جبل ٢٥٣ ، ٢٦١

(ف)

فاطمة - وادي ١٢٠ ، ١٢١ ، ١٣٥ ، ١٣٦ ، ١٣٧ ، ١٤٠ ، ٢٥٣ ، ٢٦٠

فَرْسان - جبل ٢٣١ ، ٢٥٣ ، ٢٥٩

فَرْسان - جزيرة ٢٤١ ، ٢٤٢

فَرْش - وادي ٦٩ ، ٧٢

فَزْران - جبل ٢٠٤

فُضَيْلي (ال) ٢٠٤

(ق)

قَبْقَب ١٢١ ، ١٢٧

قَحْمَة (ال) ١٢٠ ، ١٢١

قَدِيد - وادي ١٩٩ ، ٢٣٠

قُرَيَّات الملح ٢٤٢

قُرَيْنَة ٢٠٠

قَصِيم (ال) ١٩٦ ، ٢٠٨

قَطَن - وادي ١٢٠ ، ١٤٣ ، ١٤٤ ، ١٩١

قُفَّار - جبل ١٧٥

قَهَاب ٧٤ ، ٧٦ ، ٧٨

قُويَعِيَّة (ال) ٢٤٣

(ك)

- كبريت - وادي ٢٤٣
 كُتَيْفَة ١٨٦ ، ١٨٧
 كَرَات - بئر ١٨٠
 كرُش - جبل ١٥٩
 كُريزية - جبل ٢٦٦
 كُرّ (ال) - وادي ١٣٧
 كِشْب - حرّة ٢٦٦
 كَهْفَة (ال) ٢٠٤
 كوارتز هل ١٨٦ ، ١٨٧
 كُؤارة - جبل ١٧٨ ، ١٧٩

(ل)

- لَقْطَة ١٢١ ، ١٧١ ، ١٧٢
 لبيت ٧٤ ، ١١٠ ، ١٧٥
 ليف ٧٩

(م)

- متبع ١١٠
 مَثْقَال ١٢٠
 مَجَارِدَة (ال) ١٧١ ، ١٧٢
 مَحَاوِيَة (ال) ٧٤ ، ٨٠ ، ٨٥
 مُحْتَرَق (ال) ٦٩ ، ٧٢
 مَدْرَكَة ٢٠٤ ، ٢٥٣ ، ٢٦٠
 مَرَات ١٩٦ ، ٢٠٤

- مَرَاغَة ٢٠٩
 مَرُشَة - وادي ١١٠ ، ١٧٥
 مَرُوة - وادي ٢١٩
 مَرِيَجِيْب ١٢١
 مَرِيْر (ال) ٢٠٤
 مَرِيْع - جبل ٨٢
 مَسَائِل (ال) ١٧٩ ، ١٨١ ، ١٨٣
 مَسْلِيَّة ١٢١
 مَشْر (ال) - جبل ٧٠ ، ٧٢
 مَشَاحِيْد (ال) ١٥٩
 مَشَاش الوَيْلِيَّة ٢٠٤ ، ٢٣٧
 مَشُوش - جبل ١٧٠
 مَصَانِع (ال) ٥٠ ، ٦٤ ، ٦٥ ، ٦٦ ، ١٠٠
 مُصَيِّنَة (ال) ٢ ، ٦٢ ، ٦٣ ، ١٥٠ ، ٢٢٧
 مُغِيْرَة ١٥٢
 مَقْنَا ٢٠٩ ، ٢٤٣
 مُكْحَل (ال) ٩٠ ، ١٠٠
 مَلَّاحَة ٢٣١
 مِلْحَة ٧٤ ، ٨٤ ، ٨٥
 مَلْحِيْجَة ٢٣١
 مَلْقَطَة ٧٤ ، ٨٣
 مَنُضَحَة (ال) ٨٢
 مَنَعَة (ال) ٢٣٠
 مَهْد الذهب ٢ ، (١٣ - ١٨) ، ٥٠ ، ٥١ ، ١٠٠
 مُهَيْد (ال) ١٤

(ن)

- نَبْط - بئر ١٢٧، ١٧٣، ٢٣١
 نَجَاب (ال) ٢٤٣، ٢٦٦
 نَجْرَان ٢٥٨
 نَطَاق - جبل ١٧٧
 نَعِيرِيَّة (ال) ٢٠٤
 نَعِيم (ال) - جبل ٢٥٣، ٢٥٩
 نَقْبَيْن ١٧٨، ١٧٥
 نُقْرَة (ال) ٢، ٣٥، (٤١-٤٣)، ١٠٠، ١٦١، ١٧٧
 نَمَار (ال) ١٨٥

(هـ)

- هَجِيرَة (ال) ٢٢٦
 هَضْبُ الدِّيَاحِين ٢١٤
 هَضْبُ الشَّرَار ٢١٥
 هَضْبَة (ال) ١٤٣، ١٤٤
 هُفُوف (ال) ٢٠٨
 هُمَيْلِيَّة (ال) ١٨٦

(و)

- وَيْلِيَّة (ال) ٢٠٤، ٢٣٧
 وَج ٢٥٣
 وَد ٢٥٣، ٢٥٦
 وَرْجَان ١٨٧
 وَسَط - وادي ١٢١، ١٤٣، ٢٤٤
 وَصُق (ال) ٤٥، ١٥٠، ١٥٢، ٢٢٦، ٢٣١
 وَصْمَة - جبل ٢١٥
 وَقْد ١١٠، ١٧٥

وَنَّان (ال) ٢٠٤

(ي)

يَارَا ٢٥٣، ٢٥٦

يَا - وادي (٨٦ - ٨٨)، ١٠٠

يَعْلَا ١١٠، ١٧٥

يَنْبُع ٢٠٤، ٢٠٨، ٢٠٩، ٢٥٩

يُوب (ال) ١٧٥

كشاف الموضوعات

SUBJECT INDEX

الراسب المعدني

(أ)

أحجار كريمة (٢٦٩ - ٢٦٣)

أسبستوس (٢٢٧ - ٢٢٥)

أسمنت (٢٠٨ - ٢٠٦)

أصواف سليكاتية (٢١١ - ٢٠٩)

ألومنيوم (١١٦ - ١١٢)

أنثيمون (١٨٥ - ١٨٤)

أنهيدريت (٢٠٩ - ٢٠٨)

أنورثوزيت (٢٥٩)

(ب)

باريت (٢٣٤ - ٢٣٢)

برليت (٢١١ - ٢٠٩)

بريليوم (١٨١ - ١٨٠)

بلاطين (٤٥ - ٤٣)

بتونيت (٢٣٧ - ٢٣٤)

بوتاسيوم (٢٤٢ - ٢٤١)

بوكسيت (١١٦ - ١١٢)، ٢٠٢

بيزموث (١٨٧ - ١٨٦)

(ت)

تلك (٢٣١ - ٢٣٠)

تتالوم (١٧٠ - ١٦٣)

تنجستن (١٥٧ - ١٥٣)

تيتانيوم (١٧٤ - ١٧٠)

(ث)

ثوريوم (١٧٨ - ١٧٧)

(ج)

جابر (٢٥٩)

جبس (٢٠٩ - ٢٠٨)

جرافيت (٢١٩ - ٢١٨)

جرانيت (٢٦١ - ٢٥٣)

(ح)

حجر أخضر (٢٥٥)

حجر جير (٢٢٠ - ٢١٩)

حجر رملي (٢٥٥)

حديد (١٤٠ - ١١٧)

(ذ)

ذهب (٣٠ - ١١)

(ق)

قصدير (١١١ - ١٠٨)

(ك)

كادميوم (١٨٨ - ١٨٧)

كبريت (٢٤٣ - ٢٤٢)

كروم (١٥٣ - ١٤٥)

كوبلت (١٦٢ - ١٦١)

(ل)

ليثيوم (١٨٣ - ١٨١)

(م)

الماس (٢٦٥)

مغنيسيوم (٢٢٤ - ٢٢٠)

ملح الطعام (٢٤١ - ٢٣٩)

منجنيز (١٤٢ - ١٤٠)

مواد رُكّامية (٢٠٦ - ٢٠٥)

مواد صَقْل (٢٥١ - ٢٤٩)

مواد عَزْل (٢١١ - ٢٠٩)

موليبدينم (١٦٠ - ١٥٧)

ميكا (٢٣٠ - ٢٢٩)

(ن)

نحاس (٩٧ - ٤٧)

نيكل (١٤٥ - ١٤٢)

نيوبيوم (١٧٠ - ١٦٣)

(ي)

يورانيوم (١٧٧ - ١٧٦)

(ر)

رخام (٢٦١ - ٢٥٣)

رصاص (١٠٨ - ٩٧)

رمل الزجاج (٢٢٩ - ٢٢٨)

(ز)

زركونيوم (١٧٩ - ١٧٨)

زرنبخ (١٨٦ - ١٨٥)

زنك (١٠٨ - ٩٧)

زئبق (١٨٩ - ١٨٨)

(ص)

صلصال (٢٠٤ - ٢٠٢)

(ط)

طفال الزيت (١٩٧)

(ع)

عناصر أرضية نادرة (١٧٦ - ١٧٤)

(ف)

فاناديوم (١٦١ - ١٦٠)

فحم (١٩٦ - ١٩٥)

فضة (٤٣ - ٣٠)

فلسبار (٢٠١ - ١٩٩)

فلوريت (٢١٧ - ٢١٣)

فوسفات (٢٤٨ - ٢٤٣)

فيرميكيوليت (٢٣٧ - ٢٣٤)

وَالْحَمْدُ لِلَّهِ أَوَّلًا وَآخِرًا

مطابع جامعة الملك عبد العزيز



- الدكتور أحمد محمود سلمان الشنطلي .
- أستاذ جيولوجيا التعدين .
- ولد في عام ١٣٥١ هـ (١٩٣٢ م) .
- تخرج من جامعة عين شمس في مصر في عام ١٩٥٧ م تخصص جيولوجيا .
- حصل على درجة الماجستير عن «رواسب الحديد البتروخي ماين جلدة ومكة» من جامعة القاهرة في عام ١٩٦٤ م ولأهمية هذا العمل نشر بأكمله في عدد مستقل (Mineral Resources Bulletin No. 2) .
- حصل على درجة الدكتوراه في الجيولوجيا التعدينية من مدرسة المناجم الملكية في كلية الامبيريال للعلوم والتقنية جامعة لندن في عام ١٩٧٣ م عن «جيولوجية وتمعدن الفضة في منطقة الدوادمي بالمملكة» وقد نشر هذا العمل بأكمله في الأعداد أرقام ١٢ ، ١٣ و ١٤ من Mineral Resources Bulletin Nos. 12, 13, 14 .
- عمل جيولوجياً في المديرية العامة للثروة المعدنية ، ثم رئيساً لقسم التعدين فيها لمدة ست عشرة سنة منذ ١٩٥٧ م وحتى ١٩٧٣ م .
- انتقل للعمل مديراً لمركز الجيولوجيا التطبيقية للدراسات العليا ثم عميداً له بعد ضمه لجامعة الملك عبد العزيز بجدة من ١٩٧٣ م وحتى عام ١٩٧٩ م مع قيامه بالتدريس لمرحلة البكالوريوس والدراسات العليا . وفي عهده تطور مركز الجيولوجيا التطبيقية إلى معهد الجيولوجيا التطبيقية ثم إلى كلية علوم الأرض بتخصصاتها المميزة لمراحل البكالوريوس والماجستير والدكتوراه .
- أشرف على عدد من رسائل الماجستير والدكتوراه بالإضافة إلى اشتراكه في مناقشة عدد آخر منها .
- رأس قسم الجيولوجيا الاقتصادية لمدة ست سنوات من ١٤٠١ هـ وحتى ١٤٠٧ هـ ، وقسم الجيولوجيا الهندسية سنتين من ١٤٠٩ هـ وحتى ١٤١١ هـ .
- اشترك في كثير من البحوث المدعمة ، والبحوث غير المدعمة ، نشر الكثير منها في مجلات دولية ومحلية .
- رقى إلى مرتبة أستاذ مشارك بتاريخ ١٣٩٩/١٢/٢٠ هـ .
- رقى إلى مرتبة أستاذ بتاريخ ١٤٠٣/٨/٨ هـ .
- عضو المجلس الأعلى لجامعة الملك عبد العزيز من عام ١٣٩٦ إلى ١٤٠١ هـ .
- عضو مجلس جامعة الملك عبد العزيز من عام ١٣٩٦ إلى ١٤٠١ هـ ومن عام ١٤١١ هـ
- عضو المجلس العلمي بجامعة الملك عبد العزيز منذ عام ١٤٠١ هـ حتى ١٤١٠ هـ
- عضو في عدد من الجمعيات العلمية العربية والعالمية .
- ساهم في عدد كبير من المؤتمرات الوطنية والدولية .
- رئيس مجلس أمناء معهد النفط العربي للتدريب التابع لمنظمة الدول العربية المصدرة
- ١٣٩٩ هـ (١٩٧٩ م) وحتى عام ١٤١٥ هـ (١٩٩٤ م) .
- رئيس هيئة تحرير مجلة جامعة الملك عبد العزيز : علوم الأرض من تاريخ ١٤٠٧ هـ

